



UNIVERSIDADE  
DO BRASIL  
UFRJ

INSTITUTO DE BIOLOGIA – CEDERJ



POLINIZAÇÃO: “UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE UM DOS  
FENÔMENOS BIOLÓGICOS MAIS IMPORTANTES DA TERRA”.

GABRIEL GUTERRES DE BASTOS DE SIQUEIRA

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO  
PÓLO UNIVERSITÁRIO DE NOVA IGUAÇU

2019



UNIVERSIDADE  
DO BRASIL  
UFRJ

INSTITUTO DE BIOLOGIA – CEDERJ



## POLINIZAÇÃO: “UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE UM DOS FENÔMENOS BIOLÓGICOS MAIS IMPORTANTES DA TERRA”.

GABRIEL GUTERRES DE BASTOS DE SIQUEIRA

Monografia apresentada como atividade obrigatória  
à integralização de créditos para conclusão do  
Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas -  
Modalidade EAD.

Orientador (a): Ana Carolina da Rocha Lessa Castro  
dos Santos

ORIENTADOR (a): ANA CAROLINA DA ROCHA LESSA CASTRO DOS SANTOS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO  
PÓLO UNIVERSITÁRIO DE NOVA IGUAÇU

2019

**FICHA CATALOGRÁFICA**

**DE SIQUEIRA, Gabriel Guterres de Bastos**

**Titulo. Nova Iguaçu, 2019. 55 f. il: 31 cm**

**Orientadora: Ana Carolina da Rocha Lessa Castro dos Santos**

**Monografia apresentada à Universidade Federal do Rio de Janeiro para obtenção do grau de Licenciado (a) no Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas – Modalidade EAD. 2019.**

**Referências bibliográficas: f.49-55**

**1. Polinizadores, Flor, Verticilos florais, Reprodução das Angiospermas, Efeitos antrópicos que afetam a polinização.**

**I. SANTOS, Ana Carolina da Rocha Lessa Castro**

**II. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Licenciatura em Ciências Biológicas – Modalidade EAD**

**III. POLINIZAÇÃO: “UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE UM DOS FENÔMENOS BIOLÓGICOS MAIS IMPORTANTES DA TERRA”.**

AQUI ENTRA A ATA DE DEFESA

Dedico este trabalho ao meu Deus e aos meus pais Maria Eugênia e Eliziario por todo seu amor, carinho, apoio e incentivo. Mesmo nos momentos mais difíceis.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus por sempre me guiar, me guardar e me amar. Aos meus pais por todo o seu amor, carinho e dedicação. Muito obrigado por tudo. Especialmente por terem me ensinado a importância da educação. A minha querida mãe Maria Eugênia por seu colo nos momentos mais difíceis e dolorosos da minha vida. Por me ensinar a cada dia o significado das palavras amor, força e simplicidade. E principalmente por não ter desistido de mim nos momentos em que tudo parecia perdido aos olhos humanos. Ao meu pai Elizario por todo apoio necessário nessa trajetória e por me transmitir valores tão significativos como caráter, honestidade e justiça. Agradeço imensamente a minha madrinha Simone que foi minha salvadora em diversos momentos. Obrigado por me ensinar o valor da vida, sem saber a senhora e sua família me inspiraram a lutar em prol do amor e da vida. Devo agradecer a parte da minha família por sempre me apoiar em minha empreitada. Especialmente aos meus avós João de Bastos e Clementina, os quais infelizmente não tiveram a oportunidade de me ver crescer e me desenvolver, mas me ensinaram muito nessa vida. Agradeço a minha vó Graça por sua caridade e seu afeto. Agradeço a todos os meus tios e tias maternos e paternos por tudo. Especialmente à tia Gloria, tia Maria de Fátima, tio Armando, tia Jorgete e tia Maria Luíza por todo o afeto e por todas as orações. Agradeço aos meus amigos: Helena Marques, Heliton Santana, Luciana Afonso, Luciana Alves, Vitor Vitti, Fernando Duarte Júnior, Iardlei Silva, Carla Oliveira, Ariadne Amaro, Janaína Cruz, Vivian Maciel, Leila Martins, Hérika, Camila Córdoba, Monique Gomes, Mariana Amorim, Mylena Borges, Bruno, Flávio por terem feito parte dessa caminhada. Agradeço enormemente a todos os educadores que passaram por minha vida e tornaram esse momento possível. Um agradecimento mais do que especial para minha tutora orientadora Carol Lessa por todo o carinho, amizade, paciência, humanidade, pela confiança depositada em mim e por sua excelente orientação. De coração muito obrigado. Obrigado a minha querida coordenadora de curso do polo de Nova Iguaçu e tutora Aline Meneguci por todos os ensinamentos, pela paciência, pelo carinho e amizade. Obrigado também a professora Débora da Silva Paredes por ter aceitado o convite para compor a minha banca. De coração agradeço a todos os membros da banca por terem aceitado o convite e por se dignarem a avaliar o meu trabalho.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>14</b>
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>15</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCURSÃO.....</b>	<b>16</b>
4.1 – FLOR.....	16
4.1.1 – Tipos de Flores.....	16
4.1.2 – Verticilos Florais.....	17
4.2 – SÍNDROMES DE POLINIZAÇÃO.....	22
4.2.1 – Polinizadores Bióticos.....	23
4.2.2 – Polinizadores Abióticos.....	32
4.3 – CICLO DE VIDA DAS ANGIOSPERMAS.....	33
4.4 – EFEITOS DA AÇÃO HUMANA NO PROCESSO DE POLINIZAÇÃO.....	37
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>45</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>49</b>

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Representação esquemática de flores dióicas em (A) e de flores monóicas em (B). Em (C) há um esquema simplificado de uma flor dióica com o androceu indicado pelo símbolo masculino e o gineceu pelo símbolo feminino. (Imagens adaptadas de GONÇALVEZ & LORENZZI, 2011).....	17
Figura 2. Representação esquemática das sépalas que constituem o cálice floral. A seta indica uma sépala. A chave por sua vez indica o conjunto de sépalas que constitui o cálice (Imagens adaptadas de GONÇALVEZ & LORENZZI, 2011).....	18
Figura 3. À esquerda o esquema de uma corola de <i>Lochnera rosea</i> (L.) Reinchenb. Flor popularmente conhecida como vinca. À esquerda um conjunto de pétalas de <i>Rosa</i> sp. Desmembradas (Imagens adaptadas de Vidal, W.N.; Vidal, M.R.R., 2003).....	19
Figura 4 À esquerda o esquema da estrutura de um androceu de <i>Brassica oleracea</i> (L.) exibindo os estames maiores e os estames menores. À direita a estrutura de uma antera (órgão responsável pela produção do grão de pólen) conectada ao estame por meio de um filete. (Imagens adaptadas de Vidal, W.N.; Vidal, M.R.R., 2003).....	20
Figura 5. Representação deral do esquema do Gineceu de <i>Allamanda cathartica</i> L. (alamanda). (Imagem adaptadas de Vidal, W.N.; Vidal, M.R.R., 2003).....	21
Figura 6. Esquema que ilustra a formação do saco embrionário (parte interna do megagametófito) (KARASAWA <i>et al.</i> , 2006).....	34
Figura 7 Esquema que ilustra a formação do grão de pólen (ZANETTINI e LAUXEN, 2003, modificado por KARASAWA <i>et al.</i> , 2006).....	36
Figura 8. Ciclo vital das angiospermas (MAUNSETH, 1995, modificado por KARASAWA <i>et al.</i> , 2006).....	37



## RESUMO

A polinização pode ser entendida como a reprodução sexuada das Angiospermas e representa um dos fenômenos biológicos mais importantes que existem em nosso planeta, já que afeta diretamente a vida humana, assim como a dinâmica de vários ecossistemas da Terra. O presente trabalho tem por objetivo detalhar de que maneira ocorre o processo de polinização dando ênfase aos elementos botânicos, além de abordar os principais tipos de polinização e realizar um levantamento das atividades humanas que influenciam esse processo. A flor é o órgão sexual das Angiospermas, estas podem portar um único aparelho sexual feminino ou masculino, ou os dois aparelhos sexuais. As flores são compostas de verticilos florais, estruturas anexas compostas por folhas modificadas com funções bem definidas. Pelo fato dos vegetais serem organismos sésseis, para que a transferência do gameta masculino (grão de pólen) ocorra, é necessário que haja o transporte do mesmo por meio de agentes polinizadores, que podem ser classificados em bióticos e abióticos. Apesar da importância da polinização para nossa sociedade e para o meio ambiente, diversas ações humanas, como queimadas, o uso de agrotóxicos e o desmatamento, prejudicam a manutenção desse fenômeno biológico. Foi possível observar com esse trabalho que existe uma escassez de estudos botânicos que destaquem a importância da polinização para a geração de alimentos e manutenção da biodiversidade.

**Palavras – Chave:** Polinizadores, Flor, Verticilos florais, Reprodução das Angiospermas, Efeitos antrópicos que afetam a polinização.

## **ABSTRACT**

Pollination can be understood as sexual reproduction of Angiosperms and represents one of the most important biological phenomena that exist on our planet, since it directly affects human life, as well as the dynamics of various ecosystems of the Earth. The present work aims to detail how the pollination process focusing on botanical elements, in addition to addressing the main types of pollination and carry out a survey of human activities that influence this process. The flowers are the sexual organs of Angiosperms, they may carry a single female or male sexual apparatus, or both devices. The flowers are composed of floral whorls, ancillary structures composed of modified leaves with well-defined functions. Because the plants are sessile organisms, so that the transfer of the male gamete (pollen grain) to occur, there needs to be the same through the pollinators, that can be classified in biotics and abiotics. Despite the importance of pollination to our society and to the environment, several human actions, such as fires, the use of pesticides and deforestation, hinder the maintenance of this biological phenomenon. It was possible to observe with this work that there is a shortage of botanical studies that highlight the importance of pollination for the generation of food and maintenance of biodiversity.

**Keywords:** Pollinators, Flower, Floral verticils, Reproduction of Angiosperms, Anthropogenic effects that affect pollination.



## 1. INTRODUÇÃO

A polinização é o fenômeno pelo qual os vegetais superiores, especialmente os pertencentes ao grupo das Angiospermas conseguem efetuar a sua reprodução de forma sexuada, permitindo perpetuação das espécies vegetais pertencentes a esse grupo, bem como a variabilidade do material genético das mesmas (RAVEN *et al.*, 2014).

Basicamente, a polinização pode ser entendida como a reprodução sexuada das Angiospermas, aonde, o gameta masculino (grão de pólen) é transferido de uma flor até outra flor da mesma espécie, onde ocorrerá a fecundação após o seu encontro com a oosfera (gameta feminino) (TAÍZ & ZEIGER, 2006). O processo de polinização pode ser classificado de diferentes formas, isso dependerá de como o grão de pólen é transportado para a oosfera, o que é influenciado pela natureza do agente polinizador, seja ele biótico ou abiótico.

O processo de polinização é um dos fenômenos biológicos mais importantes que existem em nosso planeta. Isso porque, a polinização afeta diretamente a vida humana, assim como a dinâmica de vários ecossistemas da Terra. Alguns dos impactos da polinização na vida humana são: a produção de alimentos, a manutenção da indústria têxtil, a produção de combustíveis como o biodiesel, a fabricação de papéis, extração de madeira, entre outros insumos. Sendo assim, a polinização afeta diretamente a nossa economia e a forma como vivemos em sociedade.

Além disso, a polinização impacta a médio-longo prazo na manutenção da qualidade do ar e da água, elementos essenciais para a nossa subsistência. Do ponto de vista ecológico, a polinização afeta o nosso planeta, pois, ela garante a produção de alimento para os seres heterotróficos, sustentando assim toda a cadeia alimentar dos ecossistemas terrestres. Além disso, também permite a variabilidade genética e biodiversidade dos vegetais superiores, auxilia na regulação do clima na Terra e na manutenção dos ciclos biogeoquímicos.

Muito embora o processo de polinização ocorra em Angiospermas e em algumas Gimnospermas, características como a presença de flores e frutos são próprias das Angiospermas (GONÇALVES & LORENZI, 2011; RAVEN *et al.*, 2014). Isso se

deve ao fato da polinização em Gimnospermas ter um mecanismo próprio e totalmente diferente das Angiospermas. Além disso, são poucas as Gimnospermas que apresentam flores e realizam polinização. De acordo com Raven *et al.* (2014), em relação a sua história evolutiva, as angiospermas são um grupo de plantas com sementes com características especiais: flores, frutos e um ciclo de vida distinto, que as tornam diferentes de todas as outras plantas. Sendo assim, o presente trabalho tratará do processo de polinização em Angiospermas.

É importante salientar que a opção de dedicar o presente trabalho ao processo reprodutivo dos membros do filo *Anthophyta*, se deve, também, a sua grande diversidade de espécies, pois este é o filo que abriga o maior número de espécies botânicas. De acordo com Raven *et al.* (2014). Esse filo mais popularmente conhecido como grupo das angiospermas, o qual inclui, pelo menos, 300.000 espécies, podendo chegar a 450.000 espécies, sendo assim, o maior filo de seres vivos fotossintetizantes.

O presente trabalho justifica-se pela imensa necessidade que há em alertar toda a sociedade, especialmente a academia e o poder público, no que diz respeito à importância do estudo da polinização e suas implicações diretas e indiretas não somente para a sociedade, como para todo o equilíbrio dos ecossistemas terrestres.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

- Gerar uma melhor reflexão acerca da questão da polinização, buscando, contribuir para uma mudança de postura da sociedade frente a essa questão.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- Detalhar de que maneira ocorre o processo de polinização dando ênfase aos elementos botânicos;
- Descrever os elementos botânicos envolvidos na polinização;
- Abordar os principais tipos de polinização e seus principais agentes;
- Realizar um levantamento das principais atividades humanas que exercem alguma influência no processo de polinização.

### **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

A metodologia aplicada é uma análise teórica realizada por meio de pesquisa bibliográfica básica descritiva de caráter majoritariamente qualitativo. Isso porque, devemos considerar as inúmeras variáveis que existem no processo de polinização e a relação existente entre o mesmo e o meio ambiente como um todo. Os dados foram coletados de livros acadêmicos e artigos científicos disponíveis na internet. As bases de dados empregadas nesse trabalho foram o Google Acadêmico, as plataformas Scielo, Academia.edu, Researchgate e o banco de dados de periódicos da Capes.

Foi realizada uma análise reflexiva dos dados, destacando-se os itens de maior relevância para o trabalho. Devido ao fato do tema abordado já ser conhecido pela academia, não se estipulou um intervalo de tempo entre as publicações aqui referenciadas, contudo é importante frisar que as informações atuais foram priorizadas.

## **4. REULTADOS E DISCURSSÃO**

A Polinização é o meio pelo qual ocorre a reprodução sexuada das Angiospermas. Como bem afirmam OLIVEIRA & MARUYAMA (2014), as angiospermas, por serem organismos sésseis dependem diretamente de agentes bióticos ou abióticos para realizar o transporte de gametas masculinos (grãos de pólen) até o gameta feminino (oosfera) para efetuar a sua reprodução.

### **4.1. Flor**

A flor é o órgão sexual das angiospermas. “Estruturas semelhantes a flores aparecem no registro fóssil há 140 milhões de anos, no Jurássico, marcando o provável aparecimento das angiospermas no planeta.” (TEIXEIRA, *et al.*, 2014).

Segundo Mariath *et al.* (2006), a flor é composta basicamente por uma estrutura em forma de haste denominada pedicelo, que geralmente apresenta uma porção terminal mais dilatada denominada de receptáculo floral. Região, na qual se afloram estruturas anexas foliares modificadas, os verticilos florais, que podem ser subdivididos em sépalas, pétalas, estames e carpelos. Também é importante destacar que as flores podem se apresentar na forma de inflorescências, ou seja, em conjuntos florais da mesma espécie ou como flores individualizadas.

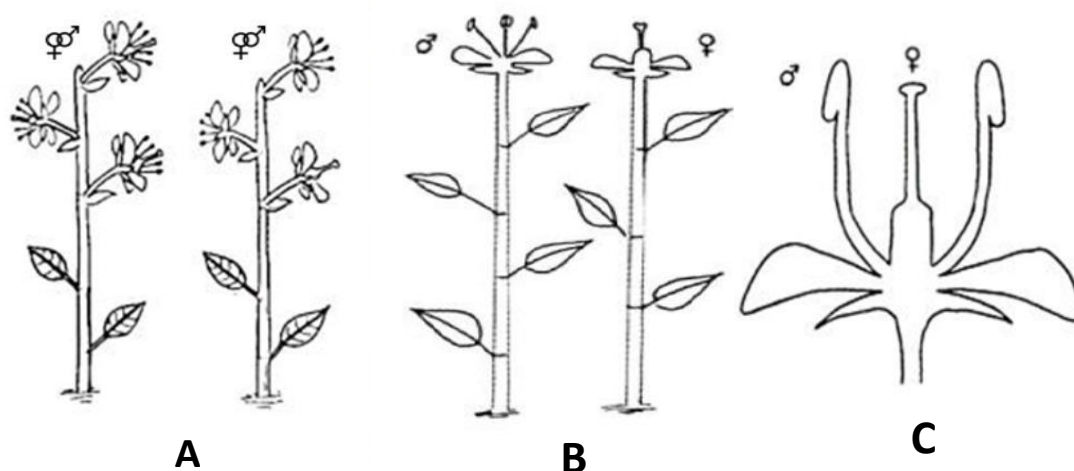
#### **4.1.1. Tipos de flores**

As flores podem ser classificadas em flores monóicas e dióicas. Porém, vale ressaltar que aproximadamente 90% das florações apresentam ambos os sexos sendo, portanto dióicas (RENNER & RICKLEFS, 1995).

As flores monóicas por sua vez, apresentam apenas um aparelho reprodutor, o que permite que as mesmas sejam classificadas em flores masculinas e femininas (Figura 1. B). As mesmas apresentam dimorfismo sexual, o que segundo Barrett & Houg (2012), significa dizer que são estruturalmente, morfológicamente e fisiologicamente distintas entre si.



Flores dióicas ou hermafroditas (Figura 1. A) possuem ambos os aparelhos sexuais (Figura 1. C), o masculino que é denominado androceu, caracterizado pela presença de estigmas dotados de anteras, onde ocorre à produção dos grãos de pólen, e o aparelho sexual feminino denominado gineceu, que tem como principal característica a existência de um tubo polínico, que consiste em um ducto que possui a função de conduzir o grão de pólen ao ovário, onde ocorre a fecundação (GONÇALVES, & LORENZZI, 2011).



**Figura 1.** Representação esquemática de flores dióicas em (A) e de flores monóicas em (B). Em (C) há um esquema simplificado de uma flor dióica com o androceu indicado pelo símbolo masculino e o gineceu pelo símbolo feminino (Imagens adaptadas de GONÇALVEZ & LORENZZI, 2011).

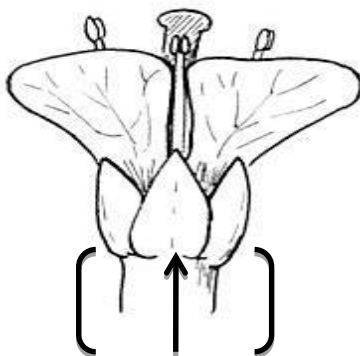
#### 4.1.2. Verticilos florais

Grande parte das Angiospermas atuais compartilha uma grande semelhança no que diz respeito aos padrões morfológicos e anatômicos. Porém, de acordo com Raven *et al.* (2014), embora as angiospermas apresentem flores com padrões estruturais fixos, seus antepassados possuíam uma diversa variação tanto em número quanto em disposição de peças florais.

Os verticilos florais podem ser compreendidos como estruturas anexas compostas por folhas modificadas para a função reprodutiva, antófilos, organizadas em forma circular. Os verticilos florais podem ser subdivididos em quatro subgrupos, sendo estes: sépalas, pétalas, estames e carpelo. Os agrupamentos de várias unidades

homólogas destes verticilos florais originam: o cálice, a corola, o androceu e o gineceu respectivamente (GONÇALVES, & LORENZZI, 2011).

O cálice (Figura 2) é formado por sépalas, pequenos folíolos resistentes e quase sempre esverdeados localizados na região entre a corola e o pedicelo ou o pendúculo. “As sépalas são estruturas florais morfologicamente mais próximas das folhas, sendo muitas vezes capazes de fotossíntese” (GONÇALVES & LORENZZI, 2011). O cálice, apesar de ser composto por estruturas tão diminutas possui um papel de grande relevância na estrutura floral. De acordo com Endress (2011) esse verticilo floral está diretamente envolvido na proteção do botão floral durante o desenvolvimento do mesmo.



**Figura 2.** Representação esquemática das sépalas que constituem o cálice floral. A seta indica uma sépala. A chave por sua vez indica o conjunto de sépalas que constitui o cálice (Imagens adaptadas de GONÇALVEZ & LORENZZI, 2011).

A corola (Figura 3) é o verticilo floral encarregado de atrair agentes polinizadores tais como, insetos, pássaros, morcegos, abelhas e etc. “O formato da corola possui uma relação direta com o tipo de polinização e, assim há uma grande diversidade de tipos” (SOUZA *et al.*, 2013, p.146). A corola é composta por um conjunto de pétalas. A pétala é a unidade apendicular que compõe a corola. As pétalas compõem o perianto exterior juntamente com as sépalas. São órgãos que exercem a função de atração visual da flor e por isso apresentam uma ampla variedade de cores e formas (GONÇALVES & LORENZZI, 2011). Além disso, também possuem como função secundária a capacidade de oferecer proteção à flor (ENDRESS, 2011). Segundo Silva (2017) as pétalas oferecem proteção aos dois principais verticilos,

quando na fase de gema. Além disso, cálice e corola são designados coletivamente como perianto.

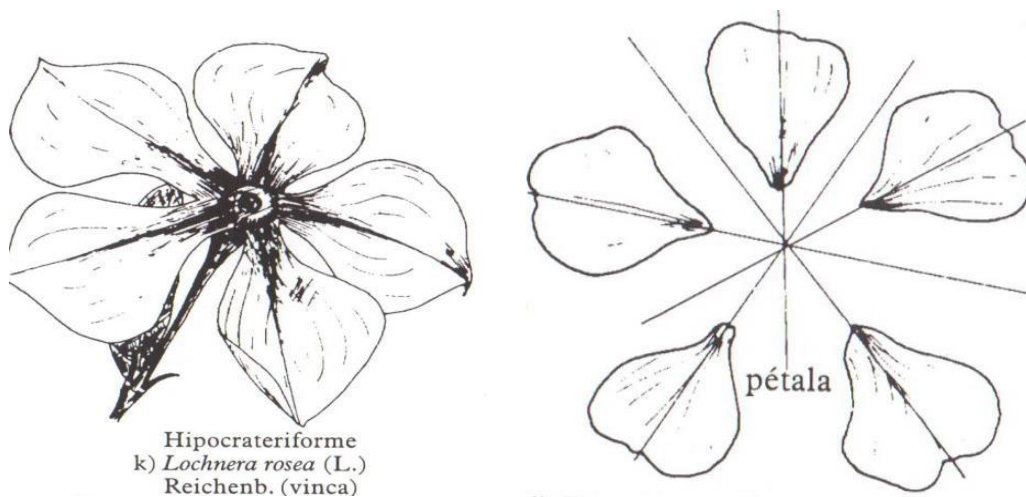
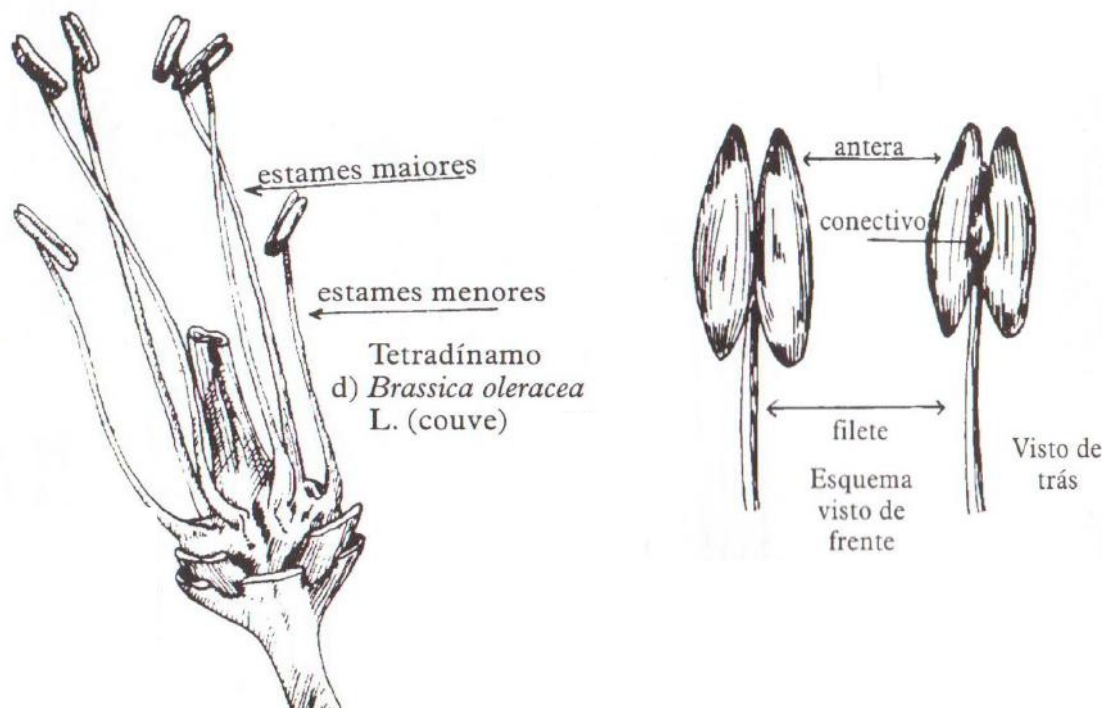


Figura 3. À esquerda o esquema de uma corola de *Lochnera rosea* (L.) Reinchenb. Flor popularmente conhecida como vinca. À esquerda um conjunto de pétalas de *Rosa* sp. Desmembradas (Imagens adaptadas de Vidal, W.N.; Vidal, M.R.R., 2003).

O androceu (Figura 4) consiste no conjunto de estames de uma flor. Os estames estão quase sempre diferenciados em antera e filete, muito embora alguns estames petaloides não sofram esse tipo de diferenciação (MARIATH *et al.* 2006).

O androceu corresponde ao aparelho sexual masculino nas Angiospermas, exerce a função de produzir os gametas masculinos denominados de andrósporos, também conhecidos como grãos de pólen. Apesar de normalmente os estames possuírem como principal função a produção de gametas, nota-se que em algumas espécies, parte dos estames se modifica em nectários, cuja principal função é a de atrair insetos (estaminódios) (MARIATH *et al.* 2006).

Segundo Raven *et al.* (2014), de maneira geral os estames podem ser compreendidos como pendúculos ou filetes dotados de anteras bilobados em seu ápice. Estas por sua vez, exibem quatro pares de microsporângios em dois pares (Figura 4).



**Figura 4** À esquerda o esquema da estrutura de um androceu de *Brassica oleracea* (L.) exibindo os estames maiores e os estames menores. À direita a estrutura de uma antera (órgão responsável pela produção do grão de pólen) conectada ao estame por meio de um filete. (Imagens adaptadas de Vidal, W.N.; Vidal, M.R.R., 2003).

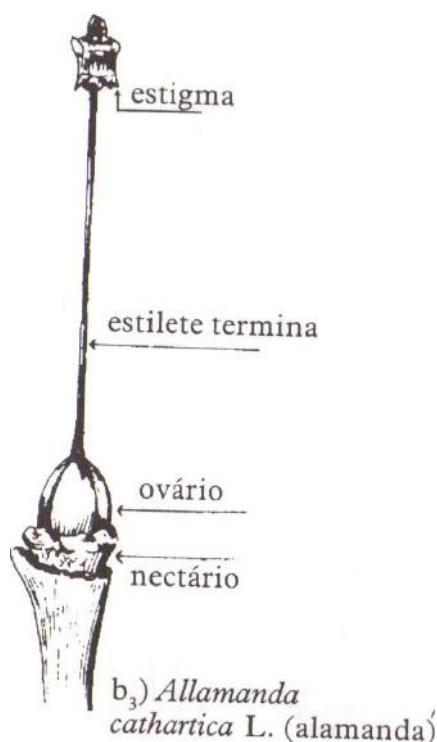
O gineceu é o quarto verticilo floral e corresponde ao aparato sexual feminino da flor (Figura 5). “O gineceu compreende todos os carpelos da flor, podendo ser formado por um único carpelo (gineceu unicarpelar) ou por vários carpelos (gineceu pluricarpelar). O carpelo está formado pelo estigma, estilete e ovário” (MARIATH *et al.*, 2006). “Algumas vezes, o carpelo individual ou o grupo de carpelos fusionados é denominado pistilo.” (RAVEN *et al.*, 2014).

Segundo Endress (2001) o estigma é a parte apical do carpelo que tem como finalidade receber o grão de pólen. Além de grande variedade morfológica, o estigma possui capacidade de adesão, pois na maioria das vezes se apresentam coberto por

papilas e outras estruturas e substâncias que ajudam à adesão do grão de pólen (SILVA, 2017).

O estilete é uma haste, localizada na porção intermediária entre o estigma e o ovário, que abriga o tubo polínico. Este por sua vez, exerce a função de conduzir o grão de pólen até ao ovário (RAVEN *et al.*, 2014). O estilete também oferece o suporte necessário para a sustentação do estigma. “O estigma e o estilete exercem frequentemente importantes funções no processo de reconhecimento e seleção dos andrófitos nos sistemas de incompatibilidade” (MARIATH *et al.*, 2006).

Segundo Gonçalves & Lorenzzi (2011), o ovário é uma região basal ou sub-basal do pistilo, geralmente dilatada, onde ocorre o desenvolvimento dos óvulos. Estes, após a polinização, darão origem aos frutos. Os óvulos dos ovários armazenam e protegem as oosferas até que ocorra a fecundação das mesmas através do seu encontro com o grão de pólen.



**Figura 5.** Representação geral do esquema do Gineceu de *Allamanda cathartica* L. (alamanda). (Imagem adaptada de Vidal, M. R. R, 2003.)

## 4.2 – Síndromes de polinização

Segundo Costa & Oliveira (2013) a polinização consiste na transferência dos grãos de pólen de uma flor para outra com o objetivo de se obter a fecundação. Este processo pode ser realizado por agentes bióticos e abióticos.

Dentre os agentes bióticos destacam-se os diferentes tipos de insetos, dos quais podemos citar: as abelhas (melitofília), as borboletas (psicofilia), as mariposas (falenofilia), os besouros (cantarofilia) e as moscas (miofilia). Além dos insetos, outros animais contribuem para o processo de polinização, mesmo que de forma bem mais discreta. Para exemplificar esses outros animais, podemos mencionar as aves (ornitofilia), com um destaque especial para os beija-flores, e os mamíferos, principalmente o grupo dos morcegos (quiropterofilia). No que diz respeito à polinização abiótica o vento e a água exercem a função de polinizadores (DEPRÁ & GAGLIANONE, 2018; COSTA & OLIVEIRA, 2013; GONÇALVES & LORENZZI, 2011; RAVEN *et al.*, 2014; YAMAMOTO *et al.*, 2007).

Em relação ao processo de polinização exercido pelos agentes bióticos é importante salientar que as mudanças ocorridas no espaço temporal promovem uma co-evolução entre as espécies polinizadas e seus polinizadores. (DEPRÁ & GAGLIANONE, 2018). Ou seja, “Quando uma dada espécie vegetal é polinizada por somente um ou poucos tipos de visitantes, a seleção favorece especializações relacionadas com as características destes visitantes.” (RAVEN *et al.*, 2014, p. 910).

Esta co-evolução entre as Angiospermas e seus agentes polinizadores bióticos é de vital importância para a manutenção da vida na Terra como para o bem estar da espécie humana. Esse argumento é facilmente justificado por inúmeros pesquisadores das áreas de botânica, zoologia e ecologia. Como exemplo disto, pode-se mencionar o trabalho de Ollerton *et al.* (2011), que afirma que 87,5% das espécies vegetais que apresentam flores dependem de algum tipo de polinizador animal. O mesmo afirma que nas regiões de zona temperada, a dependência das comunidades vegetais em relação aos polinizadores animais é de aproximadamente 78%, enquanto nas zonas onde há o predomínio de florestas tropicais, a demanda por polinizadores pode subir para até 94%.

Essa relação de dependência das plantas com os seus polinizadores também faz com que a polinização seja um fator que impacte de forma direta a produção de alimentos, influenciando na economia agrária, pois “a polinização constitui-se em um fator de produção fundamental na condução de muitas culturas agrícolas ao redor do mundo” (NASCIMENTO *et al.*, 2012). Em seu estudo, Nascimento *et al.* (2012) também afirmam que uma polinização eficiente e de qualidade promove a melhoria das sementes de cenoura.

“Dada essa dependência entre plantas e polinizadores, a polinização confere-se como um importante mecanismo ecológico frente aos enormes serviços ambientais que prestam” (COSTA & OLIVEIRA, 2013). Por essa razão, é extremamente necessário que se conheça os polinizadores e os atrativos florais que estimulam o processo de polinização. Justamente por essa razão, o presente trabalho tratará dos polinizadores bióticos e abióticos, porém tendo como o seu enfoque principal os polinizadores bióticos devido a sua maior importância no processo de polinização das Angiospermas.

#### **4.2.1. Polinizadores bióticos**

- Melitofília (Polinização realizada por abelhas)

“As abelhas constituem o principal grupo de animais que são visitantes de flores.” (VALADÃO, 2003). De acordo com Raven *et al.* (2014) as abelhas se tornaram tão especializadas quanto às flores que elas polinizam ao longo de sua evolução. (RAVEN *et al.*, 2014). “As abelhas formam um grupo diverso e numeroso, compreendendo mais de 20 mil espécies no mundo. No Brasil, estima-se a existência de mais de 3.000 espécies diferentes, mas apenas pouco mais de 400 estão catalogadas” (BARBOSA, *et al.*, 2017).

“Abelhas são insetos diurnos, com visão bem desenvolvida para cores e especial sensibilidade do amarelo ao ultravioleta, alcançando proporções de espectro imperceptíveis para os humanos” (GONÇALVES & LORENZZI, 2011). As abelhas por possuírem diversos tipos mecanismos de coleta de recursos nas flores e serem

incontestavelmente insetos de grande importância econômica e ecológica, são os polinizadores mais eficientes tanto em áreas florestais como em áreas agrícolas. (COSTA & OLIVEIRA, 2013). “Essa atividade das abelhas não só proporciona um componente necessário à reprodução para muitas espécies vegetais, mas também um aumento da variabilidade genética, da viabilidade das sementes e o incremento na produção de frutos e sementes” (IMPERATRIZ-FONSECA, et al., 2011).

Segundo Rech *et al.* (2014) as flores polinizadas por abelhas costumam conter marcas visuais denominadas guias de néctar ou pólen. Na maioria das vezes as flores polinizadas por abelhas são estruturalmente delicadas, contendo poucos elementos de sustentação para o pouso. Gonçalves & Lorenzzi (2011) afirmam que as abelhas possuem o sentido do olfato pouco desenvolvido se comparado a outros insetos. Contudo, isso não impede que as abelhas tenham a capacidade identificar diversos tipos de aromas. Segundo Pelligrinotti & Agostini (2012) e Gonçalves & Lorenzzi (2011) as flores melitófilas geralmente se apresentam levemente perfumadas, exibindo suas pétalas nas cores amarelas, azuis, violetas e brancas. Ao que tudo indica as flores brancas são utilizadas por abelhas generalistas. Pelligrinotti & Agostini (2012) ainda afirmam que as flores polinizadas por abelhas possuem uma quantidade razoável de néctar. “Néctar muitas vezes escondido, em pequena quantidade e com concentração alta de açúcares” (RECH, *et al.*, 2014).

Devido a sua grande necessidade por pólen e néctar as abelhas são insetos muito ativos que forrageiam várias flores em busca desses recursos para suprirem as suas necessidades individuais, de suas crias e da colônia como um todo (CORBET, *et al.*, 1991).

Segundo Barbosa *et al.* (2017) o pólen serve como fonte de proteína enquanto o néctar é utilizado para a elaboração do mel. Além disso, Rech *et al.* (2014) e Gonçalves & Lorenzzi (2011) destacam que as abelhas fazem uso de outros recursos florais, como óleos e resinas. Essa dependência por recursos florais faz com que esses insetos se tornem excelentes polinizadores, pois isso aumenta a probabilidade de que o grão de pólen de uma flor entre em contato com outras flores. Isso torna as abelhas fundamentais para a manutenção do fluxo gênico. De acordo com Imperatriz-Fonseca et al., (2011) “*Apis mellifera*, a abelha do mel, é apontada como o polinizador de



importância agrícola mais utilizado no mundo, por ser uma espécie generalista (coleta alimento em grande variedade de flores)”.

Segundo D’avila & Marchini (2005) as abelhas são capazes de polinizar muitas culturas agrícolas importantes. Dentre algumas das culturas brasileiras de maior importância econômica podemos mencionar: a abóbora (*Cucurbita* sp.), berinjela (*Solanum melongena*), café (*Coffea arabica*), canola (*Brassica napus* e *B. campestris*), cebola (*Allium cepa* L.), feijão (*Phaseolus vulgaris* e *Cajanus cajan*), girassol (*Helianthus annuus*), macadâmia (*Macadamia integrifolia*), pepino (*Cucumis sativus*), soja (*Glycine max*).

- Psicofilia (Polinização realizada por borboletas)

As borboletas e as mariposas compõem a ordem Lepidoptera, que é a segunda maior ordem da classe Insecta, estando apenas atrás da ordem Coleoptera no que se refere ao número de espécies (OLIVEIRA, *et al.*, 2014). De acordo com Fonseca *et al.* (2006), lepidópteros mantêm uma íntima relação com diversos tipos de plantas e por esta razão, possuem importância econômica e ecológica em diversos ambientes. Segundo Brown & Freitas (2000), os lepidópteros são importantes indicadores ambientais que auxiliam a mensurar a diversidade e a estrutura de diversas comunidades vegetais.

Borboletas são insetos lepidópteros diurnos e por esta razão, diferem em diversos aspectos das mariposas (GONÇALVES & LORENZZI, 2011., OLIVEIRA *et al.*, 2014). As borboletas fazem uso de uma proboscídea longa e fina para alcançar o néctar quase sempre escondido por corolas longas, estreitas e tubulares (GONÇALVES & LORENZZI, 2011; LAVOR, & RAMOS, 2016). A proboscídea é um aparelho bucal do tipo sugador presente em alguns insetos que possui como características a morfologia tubular e enrolada, além do comprimento relativamente longo. Embora alguns insetos iniciem a sua alimentação através da perfuração de tecidos, como é o caso dos mosquitos, insetos, como as borboletas e as mariposas, que se alimentam do néctar floral, não possuem a capacidade de perfurar, sendo meramente sugadores (BRUSCA & BRUSCA, 2007).

Segundo Gonçalves & Lorenzzi (2011), os lepidópteros possuem uma visão apurada para cores, especialmente no que se refere aos tons avermelhados. Contudo, possuem uma visão de contorno prejudicada. “Flores psicófilas apresentam antese diurna, com flores de cores claras frequentemente tendendo ao vermelho” (GONÇALVES & LORENZZI, 2011). Segundo LEMES *et al.* (2008) as borboletas possuem predileção por flores de cores vivas como o vermelho e o alaranjado. Segundo Varassin & Neto (2014) as flores psicófilas variam no espectro do amarelo, vermelho e laranja.

- Falenofilia (Polinização realizada por mariposas)

Mariposas são insetos lepidópteros de hábitos noturnos. Por esta razão sua visão de contorno é mais eficiente do que a sua capacidade de diferenciar cores (GONÇALVES, & LORENZZI, 2011). “Por serem organismos de extrema mobilidade, áreas de dispersão e migração dos esfingídeos devem ser consideradas na tentativa de manejá-los como polinizadores de plantas cultivadas” (AVILA JR, *et al.*, 2011).

Devido ao seu hábito noturno, as mariposas são visitantes de flores crepusculares, produtoras de néctar, sobretudo no que se refere à região dos tubos florais (COSTA, & OLIVEIRA, 2013). Gonçalves & Lorenzzi (2011) afirmam que as flores falenófilas possuem antese noturna, e por esta razão permanecem fechadas durante todo o dia. E mesmo quando abertas não há nenhuma espécie de produção de aroma ou néctar durante este período. Essas flores costumam ser delicadas com tubos longos e compridos em forma de pincel, geralmente não apresentam plataformas de pouso (RECH, *et al.*, 2014). Segundo Varassin & Neto (2014), as flores falenófilas apresentam-se sem guias de néctar, exibindo pétalas brancas ou em outras cores pálidas como o creme. Gonçalves & Lorenzzi (2011) também afirmam que aroma desse tipo de flor comumente possui a tendência de ser forte e geralmente adocicado.

O néctar é o único recurso floral encontrado nas flores fanenófilas, estando sempre escondido (RECH, *et al.*, 2014). Segundo Gonçalves & Lorenzzi (2011), o

néctar costuma ser abundante, estando localizado em apêndices longos em forma de esporões denominados calcares.

- Cantarofilia (Polinização realizada por besouros)

De acordo com Borror & DeLong (1969) apud. Audino *et al.* (2007) Coleóptera é a maior ordem da classe dos insetos, representando 40% de todos os insetos existentes. Há cerca de 89 mil espécies conhecidas em todo o globo, sendo assim, os Coleópteras podem ocorrer em praticamente todos os ambientes (Puker *et al.*, 2017).

Popularmente conhecidos como besouros, baratas ou cochonilhas os coleópteros, apesar de constituírem um dos grupos mais antigos de insetos polinizadores, são insetos essencialmente fitógrafos em ambientes terrestres (Puker *et al.*, 2017). Por essa razão não são bem vistos, pois em sua maioria são considerados uma verdadeira praga nas lavouras por serem os polinizadores mais destrutivos que existem. Além do que, os besouros são incapazes de voar com eficiência quando comparados aos outros grupos de insetos polinizadores. (COSTA & OLIVEIRA, 2013; GONÇALVES & LORENZZI, 2011).

As plantas polinizadas por besouros comumente apresentam cheiros fortes e canforados (GONÇALVES & LORENZZI, 2011). Os besouros são insetos que possuem o olfato bem mais apurado do que a visão (RAVEN *et al.*, 2014). Peter & Johnson (2009) dizem que as flores polinizadas por coleópteros raramente são polinizadas por engano, o que demonstra a especificidade desses insetos. Sendo a única exceção algumas poucas espécies de orquídeas.

Segundo Gonçalves & Lorenzzi (2011) e Peter & Johnson (2009), as flores polinizadas por besouros comumente se apresentam nas cores brancas, amarelas e verdes, sendo menos comuns em flores roxas, azuis e vermelhas. Além disso, algumas das flores que são polinizadas por besouros possuem ovário ínfero (ovário é situado abaixo da região de inserção cada um dos verticilos florais, estéreis e reprodutivos) (VALADÃO, 2003).

Os besouros possuem como características marcantes a presença de um esqueleto externo e rígido denominado exoesqueleto que, pelo fato de ser pouco

piloso, contribui para que estes insetos não sejam considerados bons polinizadores. Por essa razão várias plantas polinizadas por coleópteros exalam substâncias como óleos e resinas, a fim de promover alguma adesão do grão de pólen ao corpo do animal (GONÇALVES & LORENZZI, 2011).

- Miofilia (Polinização por moscas)

A miofilia é a polinização realizada por insetos dípteros. No geral, esse tipo de polinização é subdividida em Miofilia (polinização que é realizada por moscas de frutas) e a Sapromiofilia (polinização que é realizada pelas moscas de esterco) (GONÇALVES & LORENZZI, 2011).

A polinização realizada por esses insetos pode ser considerada incerta e ocasional, uma vez que estes insetos não dependem exclusivamente dos recursos florais para a sua subsistência (FAEGRI & VAN DER PIJL, 1979). Apesar de serem excelentes voadores, os dípteros possuem o olfato pouco desenvolvido (GONÇALVES & LORENZZI, 2011). Além disso, pelo fato de possuírem o corpo muito diminuto, as moscas acabam carregando pouco pólen, o que as torna polinizadores um pouco menos eficazes (FAEGRI & VAN DER PIJL, 1979).

Na miofilia, a polinização é realizada em flores de cor clara, seguindo o mesmo padrão de coloração das flores polinizadas por abelhas. Porém, geralmente essas flores costumam ser brancas e de aspecto opaco. Raramente possuem algum aroma característico. O néctar e o pólen geralmente se encontram facilmente disponíveis (GONÇALVES & LORENZZI, 2011).

Na sapromiofilia as flores costumam ser mais escuras variando entre o castanho e o acinzentado, mas em alguns casos essas as flores podem exibir tons de vermelho escuro e púrpura escuro, às vezes chegando bem perto da tonalidade da cor preta. Estas flores simulam um odor forte de matéria orgânica em decomposição, daí o nome sapromiofilia. Quase sempre esse tipo de polinização é classificado como deceptiva, pois não resulta em nenhuma recompensa por parte do vegetal para o

animal na forma de recurso floral como pólen ou néctar (GONÇALVES & LORENZZI, 2011).

- Ornitofilia (Polinização realizada por aves)

As aves são animais considerados recentes no registro fóssil, Por essa razão tanto a ornitofilia quanto a quiropterofilia (polinização por morcegos) são consideradas adaptações evolutivas mais recentes e, portanto, tardias (GONÇALVES & LORENZZI, 2011).

As aves são quase sempre animais diurnos e de forte apelo visual. Sendo assim, esses animais apresentam uma boa percepção ao colorido das flores. As flores de cores quentes e intensas como o vermelho, laranja e o amarelo, assim como as flores de cores frias como azul e lilás, bem como as flores brancas, costumam ser as mais visitadas pelos polinizadores pertencentes a esse grupo (ABREU & VIEIRA, 2004; GONÇALVES & LORENZZI, 2011; RAVEN *et al.*, 2014).

“Os beija-flores são os principais pássaros que atuam como polinizadores, contudo alguns Passeriformes podem também ser polinizadores.” (VALADÃO, D. V. 2003). E como beija-flores são dependentes tanto do néctar quanto do pólen dessas flores, essas aves passam a ter um papel de destaque no processo de polinização dessas plantas. (ABREU & VIEIRA, 2004). O que se deve principalmente a morfologia dos seus bicos sugadores longos e finos. Contudo, vale a pena salientar que segundo Gonçalves & Lorenzzi (2011) os beija-flores se limitam a zona neotropical do globo. Para ter a ideia da grande importância do papel ecológico dos beija-flores, estes são os principais polinizadores de bromeliáceas (SANTANA & MACHADO, 2010).

As flores polinizadas por pássaros não possuem qualquer tipo de aroma na grande maioria das vezes, já que os pássaros apresentam olfato pouco desenvolvido (RAVEN *et al.*, 2014). As flores são quase sempre de antese diurna, com corola tubular (zigomorfa) adaptada para bicos longos e finos. Também vale ressaltar que tais flores em sua ampla maioria carecem de plataformas de pouso (GONÇALVES & LORENZZI, 2011; RAVEN *et al.*, 2014; SANTANA, & MACHADO, 2010). Porém,

as inflorescências costumam ser amplas e terminais, apresentando na maioria das vezes pedicelos resistentes capazes de exercer a função de plataformas de pouso (FAEGRI & PIJL, 1979 & VALADÃO, 2003).

Flores ornitófilas são ricas em néctar ralo, ou seja, com baixa concentração de carboidratos, algo em torno de 20 a 30% (FAEGRI & PIJL, 1979 & RAVEN *et al.*, 2014). Geralmente o néctar permanece secretamente armazenado na base tubo floral. Segundo Valadão (2003), há uma distância grande entre as fontes alimentares que servem de atrativos florais como o néctar dos órgãos sexuais das flores ornitófilas.

- Mastofilia (Polinização por mamíferos)

A mastofilia é uma síndrome recente, pois a Classe Mammalia é um grupo animal que pode ser considerado recente no registro fóssil. Esta classe apresenta grande diversidade, apesar de seu recente surgimento. Os animais pertencentes a essa classe em geral são extremamente ativos. Contudo, sua capacidade de locomoção é limitada quando comparada aos membros da Classe Insecta. Usualmente são seres noturnos dotados de um bom olfato e uma visão satisfatória (GONÇALVES & LORENZZI, 2011).

Para os mamíferos não voadores como roedores, babuíños e marsupiais, a cor das flores muitas vezes é irrelevante. Esses animais costumam ser atraídos na maioria das vezes por frutos do tipo baga ou drupa. Bagas e drupas são os dois tipos de frutos carnosos existentes na natureza. As drupas são frutos carnosos que possuem um tecido protetor denominado pirênio, o que fornece um aspecto mais rígido a semente, como ocorre em frutos como a azeitona, o pêssego e a manga. Já as bagas não possuem pirênio, sendo protegidas unicamente pela parte carnosa dos frutos como é o caso da goiaba, da laranja e da abóbora (SOUZA *et al.*, 2013).

Por serem animais de sangue quente (homeotérmicos) e possuírem uma taxa metabólica elevada, atuam como dispersores de sementes secundários (ALBUQUERQUE, 2001).

- Quiropterofilia (Polinização por morcegos)

Apesar da grande diversidade desse grupo, os mamíferos que obtiveram melhores resultados na realização da polinização foram os membros da ordem Chiroptera popularmente conhecidos como morcegos (GONÇALVES & LORENZZI, 2011).

Os morcegos são especialmente importantes na polinização de várias espécies florestais que certamente desapareceriam em virtude da falta de polinizadores e animais frutíferos capazes de dispersar sementes. A prova disso, é que no mínimo 500 espécies de plantas neotropicais, de 96 gêneros distintos, possuem alguma importância econômica para as sociedades humanas, seja exercendo o papel de recurso alimentar ou ornamental (REIS *et al.*, 2007). No Brasil temos o Gênero *Solanum*, que costuma ser frequentemente polinizado e sofrer dispersão por morcegos (ALBUQUERQUE, 2001).

A maioria das flores polinizadas por morcegos costumam ser mais robustas e de antese noturna. Possuem coloração pálida em tons de branco, cinza ou creme. Flores verdes e púrpuras também costumam ser relativamente comuns. São pouco vistosas, já que os quirópteros têm como característica o hábito noturno e a visão prejudicada ou até inexistente. Em contra partida, essas flores possuem aromas fortes que podem ser desagradáveis para o olfato humano (GONÇALVES & LORENZZI, 2011). De acordo com Raven *et al.* (2014) flores polinizadas por morcego possuem como característica comum aromas fermentados similares aos frutos e aos odores que os morcegos utilizam para atrair uns aos outros. Essas flores produzem grandes quantidades de néctar. Além disso, as mesmas se mostram bastante acessíveis, permanecendo afixadas no tronco por longos e robustos pedicelos, geralmente localizados na região logo abaixo da folhagem (REIS *et al.*, 2007; GONÇALVES & LORENZZI 2011; RAVEN *et al.*, 2014). As flores menores costumam se apresentar na forma de inflorescências, estando protegidas por brácteas (GONÇALVES & LORENZZI, 2011).

#### 4.2.2. Polinizadores abióticos

Basicamente podemos entender polinizadores abióticos como polinizadores que não possuem vida, estes são representados pela água (hidrófilia) e pelos ventos (anemofilia) (GONÇALVES & LORENZZI, 2011).

- Anemofilia (Polinização realizada pelos ventos).

Essa é uma síndrome muito frequente em Gimnospermas. Contudo, atualmente apenas cerca de 10% das famílias de Angiospermas possuem características que favoreçam a anemofilia. Dentre tais características pode-se mencionar a presença de flores desnudas, pequenas e singelas em sua aparência, a presença de peças florais sobressalentes e a volumosa quantidade de pólen produzida em cada antera (GONZÁLEZ MINERO *et al.*, 1996). Segundo Valadão (2003), algumas das características notáveis das Angiospermas anemófilas é a presença de uma deiscência explosiva, com flores muitas vezes organizadas em inflorescências, que ocorrem em sincronia com os períodos de maiores ventanias. De acordo com Gonçalves & Lorenzzi (2011), ao que tudo indica a anemofilia é uma síndrome recente, sendo a mesma uma adaptação evolutiva derivada de espécies que originalmente seriam polinizadas por agentes bióticos. Ainda segundo esses autores, ao que tudo indica, essa adaptação está associada a grupos vegetais como gramíneas que possuem como características fundamentais o seu crescimento em grande densidade e, sobretudo em áreas abertas.

- Hidrofilia (Polinização realizada pela água).

A hidrofilia é indicada como uma síndrome recente e, portanto, rara. A hidrofilia ocorre em um grupo limitado de vegetais predominantemente aquáticos, ou seja, submersos (GONÇALVES & LORENZZI, 2011).



O grão de pólen das flores hidrofilicas geralmente é formado por uma espécie de mucilagem e possui forma filamentosa, que pode apresentar uma grande variedade morfológica. Em alguns casos o pólen pode não apresentar exina (VALADÃO, 2013).

Outra característica peculiar das flores femininas que realizam polinização por meio da hidrofilia é a presença de um receptor aonde o grão de pólen se conecta durante o processo da polinização, tornando possível a fecundação (GONÇALVES & LORENZZI, 2011; VALADÃO, 2013).

Em alguns poucos vegetais aquáticos como *Vallisneria spiralis* as flores femininas são submersas e, ao alcançarem a superfície um pouco acima do limiar da tensão superficial da água, geram uma espécie de depressão na flor feminina denominada de carpelada. As flores masculinas, por sua vez, são emersas e no momento propício as mesmas eclodem liberando seus gametas que ao caírem na água flutuam em direção à depressão criada na flor feminina (VALADÃO, 2013).

#### **4.3. Ciclo de vida das Angiospermas**

“O nome Angiosperma deriva das palavras gregas *angeion*, que significa vaso ou recipiente, e *sperma*, que significa semente” (FLOH *et al.*, 2015). As mesmas evoluíram há cerca de 145 milhões de anos. Esse filo abrange as monocotiledôneas, as dicotiledôneas e as angiospermas mais basais (TAÏZ & ZEIGER, 2017). O ciclo de vida das angiospermas é bastante peculiar, pois o mesmo ocorre por meio de alternância de gerações. Onde há uma geração assexuada, formadora de esporos denominada de esporófitos. E a geração denominada de gametófito que irá produzir gametas masculinos e femininos através de uma divisão equacional, contrapondo-se a geração assexuada que realiza a produção de esporos por meio de uma divisão reducional (MARIATH *et al.*, 2003). As Angiospermas possuem como uma de suas principais características a presença de gametófitos reduzidos (FLOH *et al.*, 2015).

Vale a pena ressaltar que o presente trabalho se aprofundará na fase sexuada das angiospermas, visto que a proposta do mesmo é discutir a respeito da importância da polinização que é um sistema reprodutivo sexuado.

Em Angiospermas a fecundação ocorre de forma indireta por um sistema denominado de dupla fecundação (FLOH *et al.*, 2015 & RAVEN *et al.*, 2014). Diversos autores como os mencionados anteriormente e Gonçalves & Lorenzzi (2011) afirmam que o grão de pólen (microgametófito ou gameta masculino) é constituído por três células, sendo uma célula percussora do tubo polínico e duas células geradoras.

O gametófito feminino (megagametófito) promove duas meioses durante o processo de formação dos seus gametas (figura 6). A formação dos gametas femininos ocorre quando a célula mãe do megagametófito começa o processo meiótico no interior do saco embrionário. O que origina quatro células, as mesmas se mantêm alinhadas no eixo calazal-micropilar do megagametófito, até que três das quatro células produzidas se degenerem. O macrósporo que não se degenerou será a célula percussora de sete células: dois núcleos polares, três antípolas e três células sinérgides, sendo a célula central a oosfera (gameta feminino) (ZANETTINI & LAUXEN, 2003., *apud*. KARASAWA, 2009).

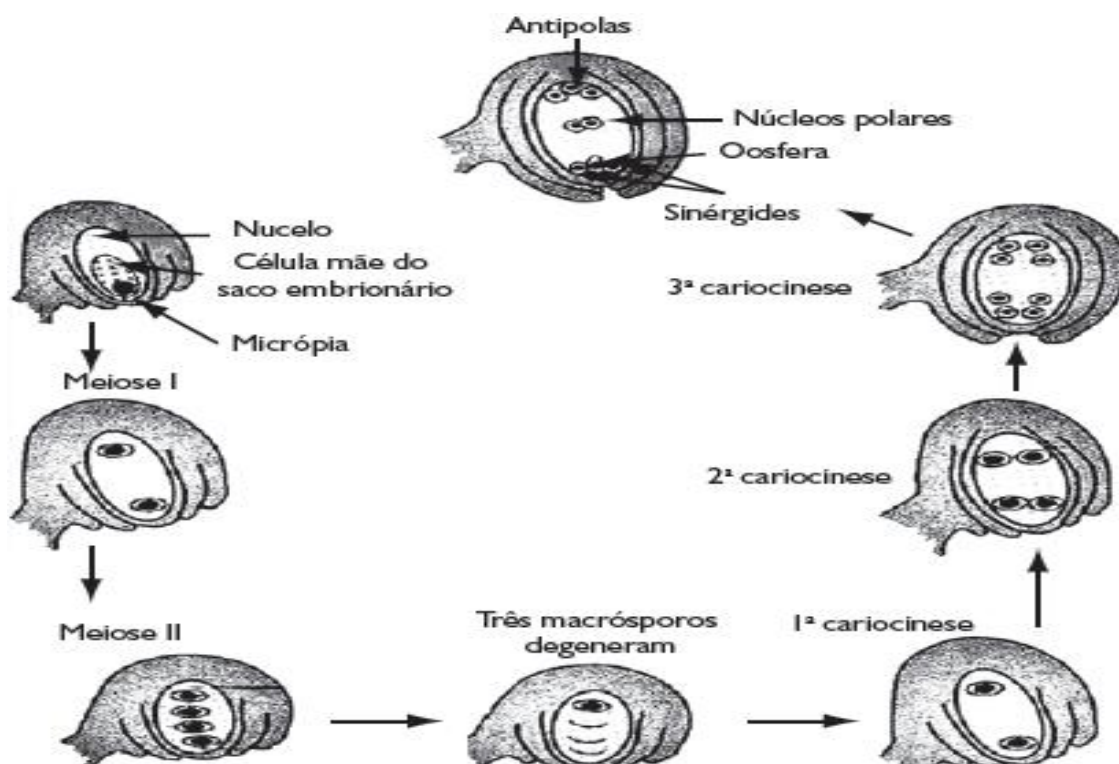


Figura 6. Esquema que ilustra a formação do saco embrionário (parte interna do megagametófito) (KARASAWA *et al.*, 2006).

O gametófito masculino (microgametófito) se localiza nos estames e geralmente constitui-se por um filete e por uma antera dos estiletes da flor. A produção do grão de pólen ocorre no interior da antera, esta possui quatro sacos polínicos denominados microsporângios que são fusionados ao filete (KARASAWA, 2009 e TAÏZ & ZEIGER, 2017).

Os pares de microsporângios são envolvidos por um tecido estéril denominado tapete. O tapete tem como função nutrir e manter o tecido esporogênico (arquespório) e os microsporângios (gametas masculino) durante todo o seu processo de maturação (KARASAWA, 2009, MARIATH *et al.*, 2006 e TAÏZ & ZEIGER, 2017). O tapete também é responsável por secretar a calase para separação das tétrades, que ocorre durante o final da esporogênese. Esse tecido também é responsável pela produção de proteínas e partículas que irão compor a parede do grão de pólen (TAÏZ & ZEIGER, 2017 e MARIATH *et al.*, 2006).

O processo de formação do grão de pólen (figura 7) pode ser subdividido em duas etapas: a microsporogênese e a microgametogênese. Durante a microsporogênese as células arquesporiais (células com citoplasma grande que estão na fase S do processo meiótico) diferenciam-se em microsporócitos que são as células precursoras de grão de pólen. Tais células são diploides ( $2n$ ) e ao passarem pelo processo meiótico produzem um conjunto de quatro células haploides ( $n$ ) conectadas paredes constituídas de calose. No final desse processo as paredes que formam a tétrade são digeridas pela enzima calase (TAÏZ & ZEIGER, 2017). Já durante a microgametogênese os microsporócitos sofrem duas mitoses consecutivas no interior do microgametófito, originando uma célula percussora do tubo polínico (célula vegetativa) e duas células gaméticas (células espermáticas) (KARASAWA, 2009 e TAÏZ & ZEIGER, 2017).

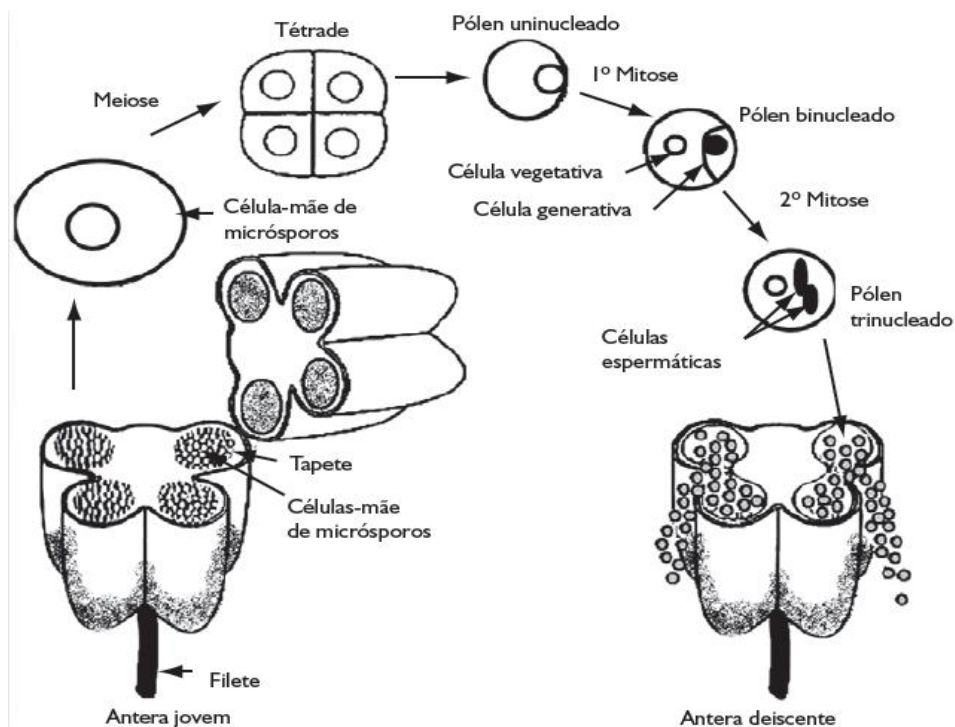


Figura 7. Esquema que ilustra a formação do grão de pólen (ZANETTINI & LAUXEN, 2003, modificado por KARASAWA *et al.*, 2006).

O grão de pólen é depositado sob o estigma da flor. A célula precursora estimula o desenvolvimento do tubo polínico até a parte inferior do megagametófito, onde se localiza o ovário da flor, onde se localizam um conjunto de três células denominadas de células sinérgides, sendo a célula do meio o gameta feminino denominado oosfera. (FLOH *et al.*, 2015 & RAVEN *et al.*, 2014). O primeiro gameta masculino a percorrer o tubo polínico fecundará a oosfera, dando origem a um novo embrião ( $2n$ ) (figura 8).

O segundo gameta masculino irá se fundir com os núcleos polares presentes no ovário, desenvolvendo carpelos que compõem o ovário (SOUZA *et al.*, 2013). Originando o endosperma (FLOH *et al.*, 2015) (figura 8). O mesmo nada mais é que o tecido responsável pelo armazenamento e proteção das sementes do fruto (TAÏZ & ZEIGER, 2017). O endosperma geralmente é a parte nutritiva do fruto, sendo rico em substâncias tais como: o amido, proteínas e outros nutrientes (PIOVESAN *et al.*, 2011).

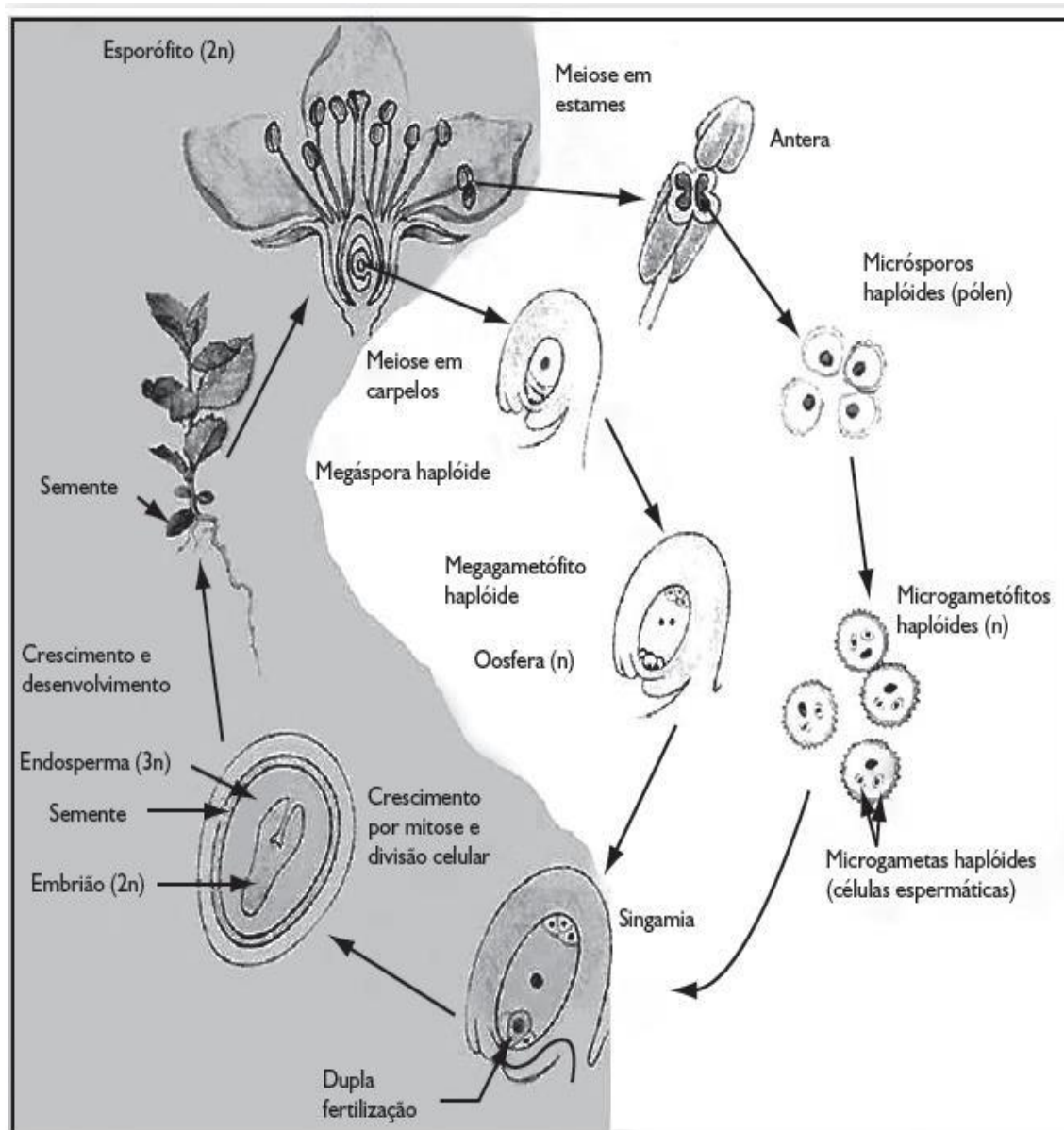


Figura 8. Ciclo vital das angiospermas (MAUNSETH, 1995, modificado por KARASAWA *et al.*, 2006).

#### 4.4. Efeitos da ação humana no processo de polinização

Atualmente diversos fatores tem afetado diretamente o processo de polinização, quer seja para o bem ou para o mal. Isso é algo que realmente precisa ser trago a tona, pois tudo que afeta a polinização também afeta a vida dos seres humanos e o meio ambiente como um todo. Hoje em dia, a comunidade acadêmica já tem conhecimento sobre o desaparecimento dos polinizadores.

A mídia por vezes vincula notícias relacionadas a esse desaparecimento, sobre tudo das abelhas. Porém, é preciso conhecer as causas desse problema e como remediá-las.

A ameaça aos polinizadores é fruto, na maioria das vezes da ação humana. O uso de inseticidas e agrotóxicos de forma indiscriminada, a prática da promoção de queimadas, o desmatamento da vegetação nativa, a introdução de espécies invasoras e o crescimento urbano tanto em áreas urbanas quanto em áreas rurais são fatores que exercem impacto negativo sobre o processo de polinização. (PINHEIRO & FREITAS, 2010 e MARQUES, *et al.*, 2015).

“Foi durante a Segunda Guerra Mundial que ocorreu a produção, expansão e síntese de diversos compostos químicos, com propriedades antibióticas ou inseticidas” (STOPPELLI & MAGALHÃES, 2005, p.2). Esse momento histórico de desenvolvimento das técnicas agrícolas é denominado de revolução verde. Segundo Carson (2010), desde os anos de 1940, mais de duzentos produtos químicos foram criados nos Estados Unidos da América para matar insetos, ervas daninhas e outros organismos considerados pragas urbanas.

De acordo com Pinheiros & Freitas (2010), a literatura tanto nacional quanto a internacional trata o uso de defensivos agrícolas com descaso, pois ao que parece o tema é bastante negligenciado. Apesar disso, estudos na área demonstram que o uso indiscriminado de defensivos agrícolas exerce um efeito negativo sobre os principais grupos de agentes polinizadores, sendo as abelhas as mais afetadas.

Segundo Atkins *et al.* (1981) em uma região pulverizada por pesticidas, após o retorno da coleta de pólen e néctar, as abelhas da espécie *Apis mellifera* morriam na colmeia. Isso ocorria pelo simples fato das abelhas transportarem pólen contaminado por pesticidas para dentro das colmeias. Os mesmos autores ressaltam que, além da morte de grande parte da população, também se notou que as “ninhadas” provenientes de colônias contaminadas apresentavam deformidades quando emergiam para sua fase adulta.

O emprego de substâncias como agrotóxicos e herbicidas contamina áreas de repouso, que servem como refúgio e zonas de nidificação de muitos insetos polinizadores (PINHEIRO & FREITAS, 2010).

Entre os anos de 1992 e 2000 houve um aumento de 163% no consumo de agrotóxicos no Brasil. Esse aumento foi alavancado principalmente pelos estados de São Paulo, Paraná, Rio Grande do Sul e Mato Grosso. Esses estados foram responsáveis pelo consumo de 62,8% de todo o agrotóxico consumido pelo Brasil durante esse intervalo de tempo. O crescimento foi tão expressivo que em 1992 foram importados US\$ 950 milhões enquanto em 1998 o Brasil importou US\$ 2,5 bilhões em agrotóxicos (figura 9). Esse valor teve um leve declínio em 1999, voltando a crescer no ano 2000 (CAMPANHOLA & BETTIOL, 2003).

Esses números refletem a velocidade com que os agrotóxicos foram introduzidos no Brasil em um período tão curto de tempo. Estes dados também sinalizam o grau de vulnerabilidade dos insetos polinizadores a tais substâncias, fato esse que põem em risco o processo de polinização e como consequência disto à biodiversidade e a produção de alimentos.

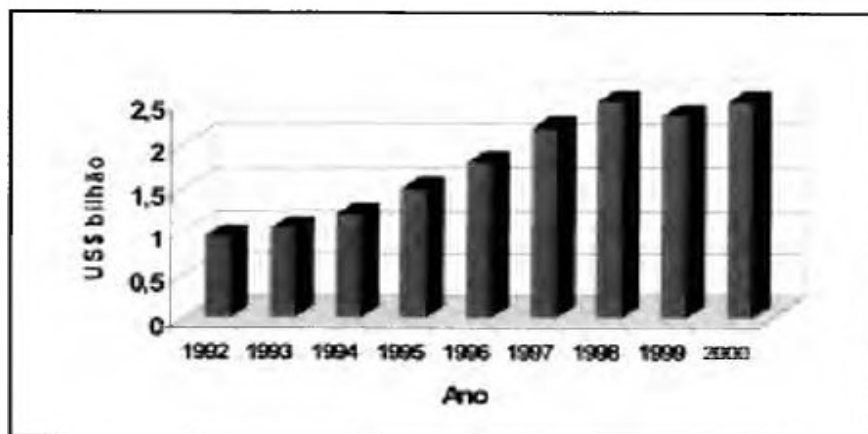


Figura 9. Imagem extraída de CAMPANHOLA, C & BETTIOL, W. Comércio de agrotóxicos no Brasil: 1992 -2000. Fonte: (ANDEFI, Gazeta Mercantil, Cad. Agribusiness, 13 e 14 de maio de 2000, p. 8-20).

Após os anos 2000 o consumo de agrotóxicos continuou a crescer cada vez mais. “A posição do Brasil como um dos maiores produtores mundiais de commodities agrícolas está associada ao aumento no consumo de insumos, em que os agrotóxicos

ocuparam, somente no ano de 2014, um mercado de US\$12.2 bilhões” (SOARES DE ALMEIDA. V. E. *et al.*, 2017, p.2.). Em comparação aos dados mencionados anteriormente, observa-se o forte crescimento do consumo de agrotóxicos em menos de duas décadas.

Segundo Silva (2005), as abelhas exercem um papel fundamental em nossa alimentação, uma vez que as mesmas participam de maneira efetiva no processo de polinização dos vegetais dos quais nos alimentamos. Apesar da importância das abelhas para a polinização isso permanece negligenciado pela sociedade. De acordo com Soares de Almeida (2017), as culturas mais afetadas pelo aumento do consumo de herbicidas no Brasil entre os anos 2000 e 2012 foram respectivamente às culturas de soja, milho e algodão. Freitas & Imperatriz – Fonseca (2005) afirmam que boa parte dos agricultores acreditam que algumas culturas de grande valor econômico como é o caso da soja (*Glycine max*) e do algodão (*Gossypium spp.*), não dependem de agentes polinizadores. Apesar disso, os autores sinalizam que estudos internacionais e alguns poucos nacionais apresentam aumentos significativos nas taxas de produção dessas culturas quando as mesmas são devidamente polinizadas. Contudo, as culturas de soja e algodão não se beneficiam dos efeitos da polinização devido ao fato de geralmente os produtores desconhecerem a importância da polinização.

Aliado ao emprego do controle biológico faz-se necessário um incremento massivo da fiscalização, tanto dos produtos agrícolas comercializados, quanto das substâncias químicas empregadas no cultivo dos mesmos. Além disso, a notificação dos riscos ao consumidor final e a simplificação dos rótulos e das embalagens também se faz necessária (STOPPELLI & MAGALHÃES, 2005).

O avanço do desmatamento em favor do desenvolvimento agropecuário, também é outro fator que influencia negativamente a polinização. Segundo Ferreira et al. (2005), cerca de 80% das florestas desmatadas originam-se de zonas na maioria das vezes clandestinas de exploração de madeira, que com o tempo passam a dar lugar para a agricultura e a criação de gado. No Brasil, esse problema se apresenta de forma mais acentuada na região leste do Mato Grosso e nos arredores de Bonito em Mato Grosso do Sul. Nestas regiões nota-se a ampliação das zonas agrícolas e um aumento elevado das taxas de desmatamento (BRANDO, *et al.*, 2013).



Originalmente as vegetações dos biomas da Floresta Amazônica, do Cerrado e do Pantanal compreendiam aproximadamente a 53%, 40 e 7% do conjunto de todos os ecossistemas naturais do estado de Mato Grosso. Devido ao avanço do agronegócio e o aumento da área de cultivo no estado estas áreas a partir de 2009 encolheram para 34%, 20% e 5 %, respectivamente (BRANDO, *et al.*, 2013). Brando *et al.* (2013) ainda menciona que desde 1990 até 2005, 70.000km de vegetação nativa de Mato Grosso foram convertidas em regiões de pasto de baixa produtividade.

“Os hymenópteros são, talvez, os insetos de maior importância econômica para o homem. Nesse grupo estão incluídas as vespas, formigas e abelhas. Estima-se que 60% das plantas superiores são polinizadas pôr abelhas” (MAIA & SILVA, 2008). Segundo Kerr *et al.* (2010) o estado de São Paulo possui apenas 6% de sua vegetação nativa original, e devido a isso apenas cerca de 5% da maioria das espécies de abelhas ainda sobrevivem no estado de São Paulo. Os autores ainda afirmam que o estado do Amazonas é a região que contém mais vegetação nativa, porém cerca de 50% das abelhas nativas ainda sobrevivem na região.

De acordo com Silva (2005), existe mais diversidade de espécies de abelhas em regiões cuja cobertura vegetal é mais densa. Logo, pode-se concluir que o desmatamento contribui para a diminuição do número de abelhas ou mesmo para o desaparecimento das mesmas. O que, além de diminuir a biodiversidade regional tanto da flora e da fauna, também corrobora para a diminuição de alimentos disponíveis para as populações locais afetando a riqueza e a abundancia das espécies.

O desmatamento é uma das maiores causas de perda de hábitat e nichos ecológicos necessários para a manutenção dos polinizadores. Para solucionar esse problema é necessário que haja uma ampla reforma política e legal que promova um enrijecimento das leis ambientais associado ao aumento da fiscalização de áreas protegidas a fim de se evitar esse e outros crimes ambientais. No que se refere à manutenção da biodiversidade é aconselhável que haja a criação de áreas de proteção ambiental (APPs) (FEARNSIDE, 1999).

Segundo Ferreira *et al.* (2005) unidades de uso sustentável possuem como objetivo principal o manejo dos recursos naturais de forma planejada, de modo que se assegure a conservação dos recursos naturais locais. Uma solução bastante interessante

para a questão do desmatamento, mesmo sendo paliativa é a ampliação do número de Áreas de Proteção Ambiental (APPs) como: parques nacionais, florestas nacionais, reservas florestais, refúgios de vida silvestre, reservas biológicas, parques ecológicos, dentre outros. Aliado a isso seria de fundamental importância que crianças, jovens, adolescentes e seus responsáveis tivessem acesso controlado a essas APPs a fim de promover aos mesmos por meio de práticas educacionais lúdicas e visitas guiadas o desenvolvimento de uma consciência ambiental mais apurada no que se refere ao nosso patrimônio biológico e natural.

Outro fator que tem impacto direto na polinização são as queimadas. A promoção de queimadas causa sérios desequilíbrios ao meio ambiente, pois além de reduzir drasticamente a biodiversidade também contribui para a severa redução dos recursos naturais, dentre os quais podemos destacar a oferta de alimento, água potável, qualidade dos solos, abrigo para a fauna. De acordo com Yamasoe *et al.* (2000), as queimadas promovem a modificação da propriedade da atmosfera de reter a radiação solar. Isso ocasiona bruscas alterações no ciclo hidrológico, principalmente nas regiões tropicais. Além disso, as emissões de CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub> na atmosfera intensificam o efeito estufa elevando as temperaturas e alterando o clima em todo globo.

Ainda neste contexto, Ribeiro & De Assunção (2002) salientam que as queimadas possuem como efeito indireto a alteração de elementos abióticos do meio ambiente, causando dessa maneira consequências aos seres vivos e a sua capacidade de sobrevivência.

No que diz respeito à polinização, as alterações climáticas podem afetar a produção de alimentos, uma vez que alterações interferem na qualidade de vida tanto dos vegetais quanto os polinizadores. Sendo assim, podem afetar a produção de alimentos mesmo que indiretamente. O que compromete a segurança alimentar das populações humanas. Ou seja, as alterações climáticas podem vir a impedir que as pessoas tenham suas necessidades alimentares plenamente atendidas (GIANNINI *et al.*, 2017).

Um exemplo do impacto negativo das queimadas sobre os polinizadores é o citado por Kerr *et al.* (2010), que mencionam em seu estudo o fato de muitas colônias de abelhas perecerem devido ao fato de suas rainhas já fecundadas serem muito mais

pesadas do que as operárias. Por essa razão as colônias são mortas nos incêndios florestais.

A redução do número de queimadas, aliado ao reflorestamento e a recuperação de áreas degradadas tornam-se medidas necessárias. Pois, caso as queimadas não sejam ao menos controladas haverá a redução do número de polinizadores. O que fatalmente implicará em sérios prejuízos para a polinização.

Segundo Maciel *et al.* (2018), entre 5.000 e 8.000 anos atrás a humanidade deu início ao processo de urbanização graças a agricultura. Porém, com o decorrer do tempo as demandas das populações humanas se tornaram cada vez mais complexas, principalmente após a Revolução Industrial. Desde então, com o crescimento massivo da população mundial nas últimas décadas e com o aumento do consumismo boa parte da população tem migrado para as cidades em busca de melhores condições de vida.

Apesar disto, o ambiente urbano também possui suas desvantagens. Dentre elas provavelmente a mais curiosa é a necessidade que os seres humanos possuem em tentar se reconectar com a natureza. A verdade é que as metrópoles urbanas e mesmo as cidades pequenas do interior precisam de mais áreas verdes. (MACIEL *et al.*, 2018).

Com isso a humanidade vem exercendo cada vez mais um impacto negativo sobre o meio ambiente. Prova disto é que além demandarem por muitos recursos naturais as populações humanas não estão conseguindo gerir esses recursos de maneira responsável. Os processos de industrialização aliados à urbanização afetam negativamente o meio ambiente gerando diversos tipos de resíduos poluentes. (BRAND, *et al.*, 2011).

A criação de parques, áreas de proteção ambiental, hortas comunitárias e jardins são formas de trazer a natureza para os centros urbanos. Isso contribui para a melhoria da qualidade de vida dos seres humanos, pois: ajuda no processo de captura de CO<sub>2</sub> da atmosfera amenizando o efeito estufa e tornando o ar mais limpo e agradável, além de melhorar a estética dos ambientes urbanos. Além disso, os polinizadores terão recursos que viabilizem a sua sobrevivência e capacidade de polinização. Pois, essas áreas verdes atuaram como refúgios capazes de oferecer alimento e proteção aos mesmos (MACIEL *et al.*, 2018)

“Quando uma dada espécie vegetal é polinizada por somente um ou poucos tipos de visitantes, a seleção favorece especializações relacionadas com as características destes visitantes” (RAVEN *et al.*, 2014, p. 910). Isso significa dizer que vegetais e polinizadores sofrem um processo de evolução conjunta. Tornando a relação entre polinizador e polinizado específica com o decorrer do tempo. Logo, as plantas exóticas introduzidas pelos seres humanos afetam diretamente a história evolutiva e ecológica dos ecossistemas (TRAVERSET & SANTAMARIA, 2004)

Traverset & Santamaria (2004) ainda afirmam que em alguns casos as espécies invasoras são responsáveis pela redução da biodiversidade local. Segundo Ziller (2001) a introdução de espécies exóticas em um ecossistema pode ser considerada a maior ameaça para a biodiversidade regional, isso se deve ao fato dos impactos dessa interferência, serem potencializados com o decorrer do tempo. O que ocorre devido boa capacidade adaptação e expansão de algumas dessas espécies não endêmicas em determinado local há um aumento da competição entre espécies endêmicas e não endêmicas e bruscas alterações na paisagem local.

Traverset & Santamaria (2004) afirmam que 80% das angiospermas realizam polinização cruzada, sendo dependentes da ação de polinizadores. Segundo os autores, os impactos negativos decorrentes da introdução de plantas exóticas para a reprodução de plantas nativas são basicamente: a redução do número de sementes, quedas relacionadas ao fluxo gênico e a ocorrência de hibridização de espécies exóticas com espécies nativas, especialmente nas regiões em que há um grau de competição mais acentuado entre a espécie invasora e a nativa. No que se refere especificamente à polinização e aos polinizadores, Ziller (2001) alerta para o fato de que a introdução de espécies vegetais não endêmicas em uma determinada região altera o processo de polinização e os processos de evolução entre polinizadores e polinizados. O que casualmente pode gerar impactos negativos na economia.

Além disso, é importante considerar a existência de diversas culturas geneticamente modificadas (vegetais transgênicos). As culturas transgênicas tiveram seu código genético modificado artificialmente e, portanto não passaram por um mecanismo de evolução natural. Por essa razão nesses casos a polinização pode vir a ser comprometida. Pois, segundo Adub *et al.*, (2003) ainda não há uma conclusão

definitiva no que diz respeito aos efeitos dos cruzamentos entre culturas transgênicas e não transgênicas.

“No Brasil, os serviços de polinização têm sido pouco valorizados e estudados. Não existem estudos compreensivos sobre o valor econômico da polinização nos sistemas agrícolas e/ou naturais” (FREITAS & IMPERATRIZ-FONSECA, 2005). Como decorrência disso, devido à falta de incentivos ao estudo da polinização e demais áreas importantes da botânica, o crescimento tanto científico quanto econômico torna-se limitado. Segundo Freitas & Imperatriz – Fonseca (2005) o agronegócio é responsável por 1/3 do nosso PIB correspondendo a cerca de US\$ 180,2 bilhões de dólares, isso se refere apenas ao que é exportado. Esse dado demonstra como o estudo da polinização e da botânica como um todo tem um forte impacto sobre a sociedade.

É extremamente importante que o conhecimento científico acerca da polinização seja aprimorado. Pois, se for possível ampliar a produtividade nas lavouras por meio de estudos e técnicas de manejo que envolva a polinização, o impacto exercido pelo homem no meio ambiente será minimizado. Certamente a saída mais óbvia para se superar os problemas relacionados com a fome e a produção de alimentos, seja o investimento na ciência e na educação.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O presente trabalho buscou abordar a polinização dando ênfase aos elementos botânicos envolvidos. Porém, foi possível observar que, embora esse tema seja recorrente, atualmente não há estudos genuinamente botânicos. Há sim, um grande esforço por parte de biólogos, em sua maioria entomologistas no que diz respeito à conservação de insetos polinizadores, especialmente as abelhas. Todavia, é importante ressaltar que tamanho esforço para conservação dos insetos polinizadores, sozinho não conseguirá obter resultados satisfatórios. Isso porque, antes de tudo, a polinização é uma relação biológica que depende sim dos polinizadores, mas depende também daqueles que são polinizados, ou seja, os vegetais.

Lutar em prol das abelhas ou de qualquer outro polinizador sem nenhuma preocupação com a conservação dos vegetais e com o meio ambiente é insustentável. Pois, se esses insetos polinizadores não morrem vítimas das ações humanas que prejudicam o processo de polinização, certamente estes morrerão devido à falta de alimento, abrigo e zonas propícias para procriação.

Foi possível constatar com esse trabalho que existe de fato uma escassez estudos botânicos que destaquem a importância da polinização, no que se refere à geração de alimentos e manutenção da biodiversidade. Nesse contexto, esse trabalho concluiu que os vegetais polinizados não tem recebido o devido destaque no processo de polinização, sendo raras as referências bibliográficas destinadas à caracterização e estudo desse processo biológico. Paralelo a isso, não houve dificuldade alguma em coletar e organizar informações relativas à botânica clássica como: os tipos de flores existentes, os verticilos florais e suas funções, os principais agentes polinizadores e ao ciclo de vida das angiospermas.

Todos os seres vivos pertencentes ao Reino *Metazoa* tem como característica a necessidade de buscar os recursos alimentares necessários para sua subsistência em outras formas de vida, isto inclui os polinizadores. Sendo assim, os agentes polinizadores são dependentes dos vegetais para a obtenção de energia para a manutenção de seu metabolismo.

O fato dos membros do Reino *Plantae* realizarem a fotossíntese e com isso produzirem seu próprio alimento impacta tanto na produção de alimentos não somente para o homem, mas para boa parte dos seres vivos do planeta. Com relação à produção de alimentos, as Angiospermas se destacam devido à produção de frutos e sementes comestíveis. Além disso, as Angiospermas possuem um papel de destaque para a espécie humana não apenas no que se refere à produção de gêneros alimentícios, mas também são especialmente importantes no que se refere à produção de insumos para a vida em sociedade, como: madeira, papéis e óleos essenciais empregados pela indústria farmacêutica para a produção de fármacos e cosméticos.

Outro aspecto importante dos vegetais relacionada ao processo de fotossíntese é a captura de carbono para a produção de biomassa. Quando há a realização de queimadas, ocorre a liberação de todo o carbono absorvido pelos vegetais para a

atmosfera na forma de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). O que promove a intensificação do efeito estufa. Nesse sentido os vegetais exercem o papel de reguladores climáticos do planeta, afetando diretamente na qualidade de vida de todos os seres vivos do planeta, inclusive, dos polinizadores. Também cabe salientar que os vegetais de maneira geral participam de outros ciclos biogeoquímicos fundamentais para a manutenção da vida na Terra como ciclo hidrológico e do nitrogênio. Sendo assim, a manutenção da flora é essencial para a ciclagem da matéria no planeta.

Em relação ao fenômeno da polinização, conclui-se que a ação antrópica é a grande responsável pelo comprometimento da polinização, uma vez que a mesma resulta na morte dos mais variados tipos de agentes polinizadores, principalmente no que se refere às abelhas. Há, portanto, a necessidade de aprofundar os conhecimentos existentes sobre o assunto, tanto na parte botânica quanto entomológica. Aliado a isso, práticas como a redução do uso de agrotóxicos, a diminuição do número de queimadas, a diminuição do desmatamento e um crescimento urbano mais ordenado, que não destrua as áreas de nidificação de polinizadores, precisam ser adotadas de imediato.

Atualmente não é incomum a ocorrência de catástrofes naturais oriundas das ações antrópicas sobre a flora. Praticamente todos os dias têm-se notícias de deslizamentos de terra e enchentes. Esses fenômenos decorrem do crescimento urbano desenfreado. Conforme os anos passam o número de árvores arrancadas aumenta, espaços de vegetação nativa dão lugar para novos prédios, muitas vezes sem mínimas condições de segurança. Se os seres humanos não se preocupam com a sua própria segurança, estariam eles preocupados com a segurança da flora, dos polinizadores ou de qualquer outro ser vivo? Certamente não.

Definitivamente é extremamente necessário que haja o desenvolvimento de uma visão de mundo mais holística por parte das sociedades atuais. O consumismo exacerbado e o imediatismo impostos pelo capitalismo impedem que as pessoas tenham a real dimensão dos impactos que ação humana exerce sobre a natureza. Isso somente será possível por meio da educação quer seja por meio da divulgação científica, pela criação de áreas de proteção ambiental e pelo contato das pessoas e principalmente das crianças e dos jovens com a natureza. É extremamente necessário

que as pessoas entendam que frutas, legumes e grãos não surgem do nada em embalagens nos supermercados. Isso se deve a ação conjunta dos agentes polinizadores e dos vegetais pertencentes ao grupo das Angiospermas por meio do processo de polinização.



## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, C.R.M. & VIEIRA, MILENE FARIA. Hummingbirds and their floral resources in a forest fragment in Viçosa, Southern Brazil. *Lundiana*. Minas Gerais, julho, 2004, Vol.5. p.129-134.

ABUD, Sérgio, *et al.* "Dispersão de pólen em soja transgênica na região do Cerrado." *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 38.10 (2003): p.1229-1235.

ALBUQUERQUE, L. B. DE. Polinização e dispersão de sementes em solanáceas neotropicais. Campinas, São Paulo, UNICAMP, 2001, p. 183.

ALVES-DOS-SANTOS, I; DA SILVA, C. I; PINHEIRO, M; DE MATOS, P. K. A. Quando um visitante floral é um polinizador? *Rodriguésia*. Rio de Janeiro, 2016, Vol. 67. 2, p. 295-307.

AUDINO, L. D. *et al.* Identificação dos coleópteros (insecta: Coleoptera) das regiões de Palmas (município de Bagé) e Santa Barbinha (município de Caçapava do Sul, RS). *Embrapa Pecuária Sul-Documents (INFOTECA-E)*, 2007.

AVILA JR, R.S., OLIVEIRA, R, PINTO, C.E., AMORIM, F.W. SCHLINDWEINS, C. Relação entre esfingídeos (Lepidoptera, sphingidae) e flores na brasil. *Panorama e perspectivas de uso de polinizadores*. In: *Polinizadores no brasil; contribuição e perspectivas iniciativas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais*. 2012, p. 235-257.

BARBOSA, Deise Barbosa *et al.* As abelhas e seu serviço ecossistêmico de polinização. *Revista Eletrônica Científica da UERGS*, v. 3, n. 4, 2017, p. 694-703.

BARRETT, Spencer CH; HOUGH, Josh. Sexual dimorphism in flowering plants. *Journal of experimental botany*, v. 64, n. 1, 2012, p. 67-82.

BRAND, Fabiane Cristina *et al.* Ecossistemas: seus impactos e alterações nos ambientes. *Scientia Agraria Paranaensis*, v. 10, n. 3, 2011, p. 5-14.

BRANDO, P. M., COE, M. T., DEFRIES, R. & AZEVEDO, A. A. Ecology, economy and management of an agroindustrial frontier landscape in the southeast Amazon,

Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 2013, 368:1-9p.

BROWN JR., K.S. & FREITAS, A.V.L. Atlantic Forest butterflies: indicators for landscape conservation. *Biotropica* 32 (4b), 2000, p.934-956.

BRUSCA, R.C. & G.J. BRUSCA, 2007. Invertebrados. Segunda edição. Editora Guanabara-Koogan, Rio de Janeiro. 968 p.

CARSON, R. Primavera silenciosa (Silent spring). 1ªed. digital do exemplar original de 1962 para o kindle, Editora Gaia, São Paulo, 2013.

CORBET, S.A.; WILLIAMS, I.H.; OSBORNE, J.L. Bees and pollination of crops and wild flowers in the European Community. *Bee World*, v.72, n.2, Buckinghamshire, 1991, n.720, p.47-59.

COSTA, C. C. A., DE OLIVEIRA, F. L. Polinização: serviços ecossistêmicos e o seu uso na agricultura. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, Mossoró, RN, 2013. V.8, n.3, p. 1-10.

DA SILVA GIEHL, N. F., *et al.* O Efeito do Fogo sobre a Comunidade de Abelhas Euglossini (Hymenoptera: Apidae) em Floresta de Transição Cerrado-Amazônia (Mato Grosso, Brasil). *EntomoBrasilis*, v. 6 n. 3, 2013, p.178-183.

DE DEUS, R. M. & BAKONYI, S. M. C. O impacto da agricultura sobre o meio ambiente. *Electronic Journal of Management, Education and Environmental Technology (REGET)*, v(7), n. 7, 2012, p.1306-1315.

DEPRÁ, M. S. & GAGLIANONE, M. C., Interações Entre Plantas e Polinizadores Sob Uma Perspectiva Temporal. *Oecol, Aust.* 22 (1), 2018: p.1 –16.

DICKS, L. V. et al. Ten policies for pollinators. *Science*, v. 354, n. 6315, 2016, p. 975-976.

ENDRESS, P. K. Evolutionary diversification of the flowers in angiosperms. *American Journal of Botany*, Vol. 98, n. 3, 2011, p.370-96.

FAEGRI, K.; VAN DER PIJL, L. The principles of pollination ecology. 2.ed. Oxford: Pergamon Press, USA, New York, 1976, 291p.

FAEGRI, Knut; VAN DER PIJL, Leendert. Principles of pollination ecology. Elsevier, 2013.

FERREIRA, Leandro Valle; VENTICINQUE, Eduardo and ALMEIDA, Samuel. O desmatamento na Amazônia e a importância das áreas protegidas. Estud. av. [online]. 2005, vol.19, n.53, p.157-166.

FEARNSIDE, P. M. Combate ao desmatamento na Amazônia brasileira. Cad. biodivers. v. 2, n. 2, 1999.

FLOH, E. & SANTOS, A. & DEMARCO, D. (2015). Embriogênese vegetal: abordagens básicas e biotecnológicas. In book: Biotecnologia aplicada à saúde: fundamentos e aplicações. vol.1, Edition: 1 ed., Chapter: 3, Publisher: Blücher, Editors: Rodrigo Ribeiro Resende, Carlos Ricardo Soccol, p. 88-111.

FONSECA, N. G., KUMAGAI, A. L. & MIELKES, O. H. H. Lepidópteros visitantes florais de *Stachytarpheta cayennensis* (Rich.) Vahl (Verbenaceae) em remanescente de Mata Atlântica, Minas Gerais, Brasil. Revista Brasileira de Entomologia, 2006, vol. 50 (3): p. 399-405.

FREITAS, B. M., IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. A importância econômica da polinização. p. 44-46, 2005.

GONÇALVES, E. G., LORENZI, H. Morfologia Vegetal: organografia e dicionário ilustrado de morfologia de plantas vasculares, São Paulo, Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2011, p.511.

GIANNINI, T. C., COSTA, W. F., CORDEIRO, G. D., IMPERATRIZ-FONSECA, V. L., & Saraiva, A. M. Efeito das mudanças climáticas sobre os polinizadores de algumas culturas agrícolas no Brasil. APAMACAE, Mensagem Doce, n. 143, 2017.

GONZÁLEZ MINERO, F. J., CANDAU, P., MARROQUÍN SANTOÑA., A. Parámetros meteorológicos que regulan la presencia del polen en el aire. Sevilla, Universidade de Sevilla, 1996, p. 263-273.

HARTFELDER, Klaus. Polinizadores do Brasil. Estudos Avançados, v. 27, n. 78, 2013, p. 303-306.

In book: TEIXEIRA, S. P.; MARINHO, C. R. ; PAULINO, J. V. A Flor: aspectos morfofuncionais e evolutivos. In: André Rodrigo Rech; Kayna Agostini; Paulo Eugênio OLIVEIRA; I. C. M. (Org.). BIOLOGIA DA POLINIZAÇÃO. 1ª ed. Rio de Janeiro: Editora Projeto Cultural, 2014, v., p. 45-70.

In book: VARSSIN. G. I & NETO, L. P. A. Biologia da Polinização, Edition: 1ª, Chapter: Atrativos, Publisher: Editora Projeto Cultural, Editors: André Rodrigo Rech, Kayna Agostini, Rubem Samuel de Avila Jr. Clemens Schindwein p.151 – 168.

In book: OLIVEIRA, P. E. & MARUAMA, P. K. Biologia da Polinização, Edition: 1, Chapter: 3, Publisher: Editora Projeto Cultural, Editors: André Rodrigo Rech, Kayna Agostini, Paulo Eugênio Oliveira, Isabel Cristina Machado, p. 2014.129-192.

In book: Biologia da Polinização, Edition: 1ª, Chapter: Recurso Florais, Publisher: Editora Projeto Cultural, Editors: André Rodrigo Rech, Kayna Agostini, Paulo Eugênio Oliveira, Isabel Cristina Machado, p. 129 – 150.

In book: Biologia da Polinização, Edition: 1ª, Chapter: Síndromes de polinização: especialização e generalização, Publisher: Editora Projeto Cultural, Editors: André Rodrigo Rech, Kayna Agostini, Rubem Samuel de Avila Jr. Clemens Schindwein p. 171 – 181.

IMPERATRIZ-FONSECA, V. L., CANHOS, D.A.L., SARAIVA, A., M. (ED.). Polinizadores e polinização, um tema global. In: Polinizadores no Brasil; contribuição e perspectivas iniciativas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais. Instituto de estudos avançados da Universidade de São Paulo, 2011.

IMPERATRIZ-FONSECA, V.L., CANHOS, D.A.L., SARAIVA, A.,M. (ED.). 2011. As Abelhas Solitárias e Perspectivas para seu Uso na Polinização no Brasil. In: Polinizadores no Brasil; contribuição e perspectivas iniciativas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais. Instituto de estudos avançados da Universidade de São Paulo, 2011.

KARASAWA, M. M. G., *et al*; Diversidade Reprodutiva de Plantas. Ribeirão Preto, SP: Sociedade Brasileira de Genética – SBG, 2009.

KERR, W. E. *et al.* Aspectos pouco mencionados da biodiversidade amazônica. *Parcerias Estratégicas*, v. 6, n. 12, p. 20-41, 2010.

MARIATH, J. E. A.; SANTOS, R. P. dos; BITTENCOURT JR, N. S. FLOR. APEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S. M. *Anatomia Vegetal*. 2ª edição revista e atualizada. Viçosa: Editora Universidade Federal de Viçosa, 2006.

NASCIMENTO, W. M; GOMES, E. M. L; BATISTA E. A; FREITAS R. A. Utilização de agentes polinizadores na produção de sementes de cenoura e pimenta doce em cultivo protegido. *Horticultura Brasileira* 30: p. 494-498, 2012.

OLLERTON, J., WINFREE, W., TARRANT. S. How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos*, 2011, 120: p.321–326.

PELLIGRINOTTI, A. & AGOSTINI, K. (2012). Riqueza de espécies de plantas visitadas por abelhas na Universidade Metodista de Piracicaba, São Paulo, Brasil. *Bioikos*. 26. 77-86p.

PETER, C.I. & JOHNSON, S.D. 2009. Pollination by flowerchafer beetles in *Eulophia ensata* and *Eulophia welwitschii* (Orchidaceae). *South African Journal of Botany*, 75,p.762-77.

PINHEIRO; J. N. & FREITAS, B. M. Efeitos letais dos pesticidas agrícolas sobre polinizadores e perspectivas de manejo para os agroecossistemas brasileiros. *Oecol. Aust.*, Fortaleza, Ceará, 14(1): p. 266-281, 2010.

PIOVESAN, V., OLIVEIRA, V., GEWEHR, C. E. Milhos com diferentes texturas de endosperma e adição de alfa-amilase na dieta de leitões. *Ciência Rural*, Santa Maria, Santa Catarina, 2011, p. 6.

PUKER, A. *et al.* Coleção entomológica das Faculdades Integradas Aparício Carvalho, Porto Velho, Rondônia, Norte do Brasil. Rondônia, Revista FIMCA, v.4, n.1, 2017. p. 40-48.

RAVEN, P.H., EVERT, R.F. & EICHHORN, S.E. *Biologia Vegetal*, 7. ed. Coord. Trad. J.E.Kraus. Editora Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 2014.

- REIS, N. R; PERACCHI, A.L.; PEDRO, W.A.; LIMA, I. P. (Eds.). Morcegos do Brasil. 1. ed. Londrina: N.R.REIS, 2007. v. 1, p.253 .
- RENNER, S. S., RICKLEFS, R. E.. Dioecy and its correlates in the flowering plants. *American Journal of Botany*.1995, 82, p.596–606.
- RIBEIRO, H. & DE ASSUNÇÃO, J. V. Efeitos das queimadas na saúde humana. *Estudos Avançados*, São Paulo, v.16, n.44, 2002.
- SILVA, R. A., *Flor. Rev. Ciência Elem.*, 2017, V5(03): 033. p.4.
- SILVA, S. J. R. Entomofauna de Roraima. In: BARBOSA, R. I; XAUD, H. A. M.; COSTA E SOUZA, J. M. Savanas de Roraima: Etnoecologia, Biodiversidade, e Potencialidades Agrossilvipastoris. FEMACT, Boa Vista,.2005, p.139-153.
- SOARES DE ALMEIDA, Vicente Eduardo *et al.* Uso de sementes geneticamente modificadas e agrotóxicos no Brasil: cultivando perigo. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 22, n. 10, 2017, p.3333-3339.
- SOUZA, V. C., FLORES, T. B., LORENZI, H. Introdução à Botânica: Morfologia. São Paulo, Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2013, p. 224.
- STOPPELLI, I. M. B. & MAGALHÃES, C. P., Saúde e segurança alimentar: a questão dos agrotóxicos. *Ciência & Saúde Coletiva* v. 10. 2005, p.91- 100.
- TAÍZ, L. & ZEIGER. E. Fisiologia Vegetal; trad. Eliane Romanato Santarém... [*et al.*]. – 3. ed. – Porto Alegre: Artmed, 2004., p. 719.
- TAÍZ, L. & ZEIGER. E. Fisiologia Vegetal; trad. Alexandra Antunes... [*et al.*]. – 6. ed. – Porto Alegre: Artmed, 2017, p. 858.
- TRAVERSE, A. N. N. A.; SANTAMARÍA, L. U. I. S. Alteración de mutualismos planta-animal debido a la introducción de especies exóticas en ecosistemas insulares. *Ecología Insular*, p. 251-276, 2004.
- LAPLANE; M. F. (Super.) *et.alii*. Importância dos polinizadores na produção de alimentos e na segurança alimentar global - Brasília, DF: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2017.

LAVOR, D. T. & RAMOS, A. B. B. Estudo preliminar das síndromes de polinização em um fragmento de Caatinga, PE, Brasil. *Revista Biotemas*, 29 (4), dezembro de 2016.

LEMES, R., RITTER, C. D., DE MORAIS, A. B. B. Borboletas (Lepidoptera: *Hesperioidea* e *Papilionoidea*) visitantes florais no Jardim Botânico da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil. *Revista Biotemas*, 21 (4), UFSC, Florianópolis, SC, 2008, p. 91-99.

MACIEL, T. T., BARBOSA, B. C., PREZOTO, F. Urbanização e os Insetos Sociais. In book: *Impactos Antrópicos: Biodiversidade Aquática & Terrestre*, p. 6-17.

MAIA, S.F.T & S.J.R. SILVA, 2008. Análise faunística de abelhas Euglossina (Hymenoptera: *Apidae*) em ambientes de floresta nativa e plantios de *Acacia mangium* no Estado de Roraima. *Revista Agro@mbiente* (on-line), 2: p. 42-50.

MARQUES, M. F. et al. Polinizadores na agricultura: ênfase em abelhas. Rio de Janeiro, RJ: Funbio, 2015.

VALADÃO, D. V. Mecanismos de Polinização. Brasília, DF, Centro Universitário de Brasília. 2003, p. 35.

VIDAL, W. N.; VIDAL, M. R. R. Botânica – Organografia Quadros Sinóticos Ilustrados de Fanerógamos. Viçosa: UFV, 2003. 4ª edição.

ZILLER, Sílvia Renate. Os processos de degradação ambiental originados por plantas exóticas invasoras. *Revista Ciência Hoje*, São Paulo, v. 30, n. 178, p. 77-79, 2001.

YAMAMOTO, L. F., KINOSHITA, L. S. & MARTINS, F. R. M. Síndromes de polinização e de dispersão em fragmentos da Floresta Estacional Semidecídua Montana, SP, Brasil. *Acta bot. bras.* 21(3): p. 553-573. 2007.

YAMASDE, E., M.A.; ARTAXO, P.; MIGUEL, A.H. & ALLEN, A.G. Chemical composition of aerosol particles from direct emissions of vegetation fires in the Amazon Basin: water-soluble species and trace elements. *Atmospheric Environment*, Elsevier, Great Britain, v. 34, 2000, p.1641- 1653.